Artur B. Chmielewski inżynier NASA
Ewelina Zambrzycka-Kościelnicka

KOSMICZNE WYZWANIA

Jak budować statki kosmiczne, dogonić kometę i rozwiązywać galaktyczne problemy

Plik jest zabezpieczony znakiem wodnym

KOSMICZNE WYZWANIA

Jak budować statki kosmiczne, dogonić kometę i rozwiązywać galaktyczne problemy

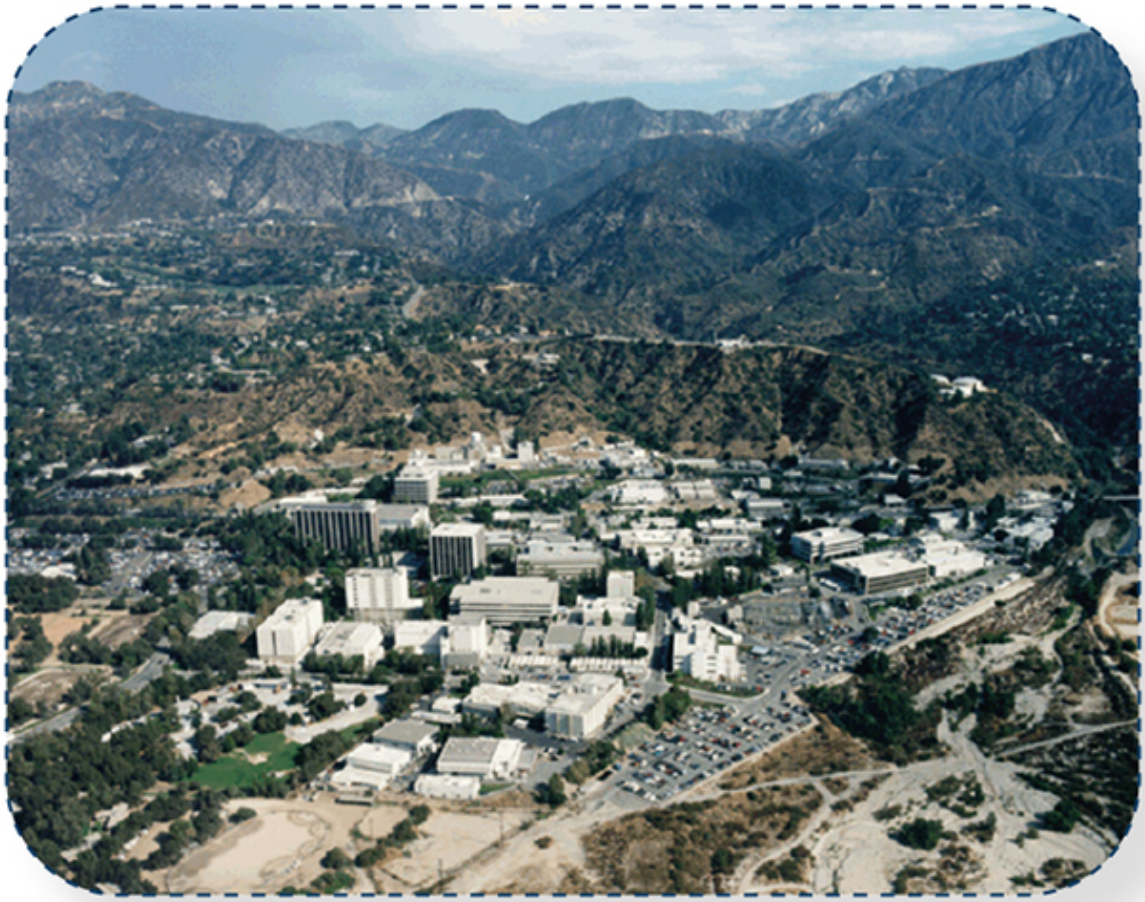
Artur B. Chmielewski
Ewelina Zambrzycka-Kościelnicka

znak emotikon
Kraków 2021

KOSMICZNE POZDROWIENIA OD PAPCIA CHMIELA
NASA
ILUSTRACJA: PAPCIO CHMIEL

Cześć, nazywam się Artur Bartosz Chmielewski i jestem inżynierem. Kiedy się urodziłem, mój tata pomyślał, że zabawnie będzie nadać mi imiona, które wraz z nazwiskiem dadzą inicjały ABC.

Tata, którego być może znasz jako autora przygód Tytusa, Romka i A'Tomka, zawsze chciał, żebym zajmował się sztuką. Wysyłał mnie nawet na warsztaty, na których miałem się nauczyć mieszać farby, zrozumieć, czym jest perspektywa i co to właściwie ten światłocień. Z tamtej nauki niewiele wyszło, ale zostało mi jedno: w miejscu, w którym pracuję, Jet Propulsion Laboratory (JPL), czyli Laboratorium Napędu Odrzutowego NASA, wszyscy używają skrótu mojego imienia i mówią do mnie po prostu Art, co po angielsku oznacza właśnie „sztuka".



Tak wygląda moje miejsce pracy, czyli JPL w Kalifornii. To jedno z centrów NASA, budujemy tu statki kosmiczne dla lotów bezzałogowych. Jest pięknie położone, u stóp gór, i chociaż to Kalifornia, czasami pada tu śnieg. Niewiele mamy miejsc na świecie, gdzie tego samego dnia można pójść na narty i na plażę.

Wiecie, co jest najfajniejsze w pracy dla wielkiej agencji kosmicznej? Wyzwania. To, że muszę wymyślić, jak rozwiązać problem, którego jeszcze nikt nigdy nie rozwiązał. Na przykład jak zbudować nadmuchiwany teleskop kosmiczny i czym go nadmuchać, skoro w przestrzeni kosmicznej nie ma powietrza.

Takim wyzwaniem jest też książka, którą właśnie czytasz. Chciałbym ci pokazać, że nauką może być wszystko, co robisz, a wiedza jest wszędzie,

dosłownie wszędzie. I że każdy problem da się rozwiązać, jeśli tylko będziesz starać się to zrobić, zamiast szukać powodów, by odpuścić. Chcę ci opowiedzieć o pięknie wszechświata. O tym, jaką czuje się dumę, gdy rakieta kosmiczna wynosi poza atmosferę instrument, który budowało się całymi latami, i gdy ten instrument pomaga lepiej poznać świat. Ale przede wszystkim zamierzam ci podpowiedzieć, jak wykorzystać wrodzoną kreatywność, by tworzyć urządzenia i technologie, które zmienią naszą rzeczywistość. Mam nadzieję, że po przeczytaniu tej książki nigdy się nie poddasz, rozwiązując problem, ale powiesz: „Wystarczy pokombinować”.

Jestem głęboko przekonany, że czasami warto nie słuchać innych i wybrać własną drogę. Bo jeśli będziesz mieć takie szczęście jak ja i spełnisz swoje dziecięce marzenia, to nawet pracując bardzo ciężko, nie przepracujesz ani jednego dnia, bo pasja nawet najbardziej żmudne zajęcie potrafi zmienić w fascynującą zabawę. Nazywam się Art Chmielewski, jestem inżynierem NASA, a to jest moja historia rozwiązywania kosmicznych problemów.

NASA, Amerykańska Agencja Aeronautyki i Przestrzeni Kosmicznej zaprasza was do Pasadeny w USA na Wystawę Astronautyczną...
... ZA GODZINĘ LĄDUJEMY W KALIFORNII.
JUŻ WIDAĆ OŚRODEK BADAŃ KOSMICZNYCH JPL*/ W PASADENIE. LĄDUJEMY!
*JET PROPULSION LABORATORY - LABORATORIUM NAPĘDÓW ODRZUTOWYCH
SPACECRAFT EXHIBITION
ENTRANCE FOR VISITORS
WYSTAWA, ALE BEZ SPRZEDAŻY...
A CO? MASZ 300 MILIONÓW DOLARÓW NA KUPNO SATELITY?
ZAOPIEKUJE SIĘ WAMI INŻYNIER ARTUR BART... CZ-ME-LEU-SKY. OTO PLAKIETKI IDENTYFIKACYJNE.
TYTUS

Rysunek JPL wykonany przez Papcia Chmiela do trzeciej księgi komiksu Tytus, Romek i A’Tomek.

Rozdział pierwszy

O VIKINGU, BO ZA KAŻDYM ODKRYCIEM STOI JAKIŚ WIKING

Nie był wielki. Wyglądał jak stojąca na trzech nogach łódka ze zwisającymi po bokach żaglami. Miał kilka prostych urządzeń do badania gruntu, pogody i pola magnetycznego oraz aparat fotograficzny, który dziś z pewnością uznalibyśmy za przestarzały. Nad tym wszystkim górowała niewielka antena, która wysyłała dane w kilkuminutową podróż na Ziemię. A jednak urządzenie, o którym mowa, sprawiło, że ze studenta fizyki chciałem się zmienić w inżyniera i obiecałem sobie, że zrobię wszystko, żeby samemu budować takie maszyny.

Byłem na pierwszym roku studiów na Uniwersytecie Michigan w mieście Ann Arbor, gdy na Czerwonej Planecie wylądowały sondy Viking 1 i Viking 2, które pokazały Ziemianom, jak wygląda nasz kosmiczny sąsiad. Zdjęcia były niesamowite: czerwona marsjańska gleba, kolor nieba różowy w ciągu dnia i niebieski o zachodzie słońca, piaszczyste połacie usiane wydmami, kratery… Cały wielki kosmiczny świat, tak odległy, a jednak tak nam bliski. Byłem podekscytowany. Czytałem każdą informację, jaka ukazała się o Vikingach, szukałem w telewizji programów, w których opowiadano o misji. Cały mój świat zaczął się kręcić wokół Marsa. Do tego stopnia, że gdy nauczycielka angielskiego poleciła mi napisanie eseju opowiadającego o emocjach, też napisałem o Vikingach. Bo cóż mogło być bardziej emocjonującego niż wysłanie sondy na inną planetę? Wtedy właśnie dotarło do mnie, że chcę spełnić swoje marzenie z dzieciństwa i budować statki kosmiczne! Konstruować sondy, które odkryją przed ludźmi piękno Wszechświata i zainspirują kolejne pokolenia odkrywców. Zupełnie tak jak zdjęcia przesłane przez Vikingi zainspirowały mnie. A gdzie najlepiej podjąć się takiej misji? Oczywiście w miejscu, w

którym narodziły się Vikingi, czyli w Jet Propulsion Laboratory (JPL) – Laboratorium Napędu Odrzutowego NASA w Kalifornii. Znalazłem cel, który tak naprawdę pukał do mojego życia od dzieciństwa, gdy zainspirowany lądowaniem na Księżycu, robiłem własne lądowniki i spuszczałem je na ziemię z okna pokoju.

Czasami w nocy zakradałem się na dach bloku, w którym mieszkaliśmy, i spuszczałem je na dół z wysokości czterech pięter. Gdy już opanowałem lądowanie z tej wysokości, zacząłem spuszczać lądownik z pobliskiego budynku liczącego sobie aż dziesięć pięter. To było niebezpieczne. Raz rodzice przyłapali mnie na gorącym uczynku i za wychodzenie na dach wieżowca dostałem karę – mama nie pozwoliła mi obejrzeć finału mistrzostw świata w piłce nożnej.

Właśnie przez Vikingi porzuciłem studia z fizyki i przeniosłem się na inżynierię. W każde wakacje odbywałem praktyki, między innymi w fabryce Forda w Detroit, zresztą pracowałem w każdym miejscu, które chciało mnie przyjąć i w którym mogłem poznać w praktyce tajniki inżynierii.

W Fordzie najprzyjemniejszym momentem dnia był lunch, czyli przerwa na drugie śniadanie. Nie, nie dlatego, że tak świetnie karmili. Po prostu dyrektorowi firmy zależało, by jego inżynierowie byli zawsze na bieżąco i dobrze wiedzieli, co robi konkurencja. Dlatego codziennie przed lunchem szliśmy na wielki parking, na którym stały samochody różnych marek, i odbywaliśmy przejażdżki. Najeździłem się wtedy jeepami, chevroletami, a nawet superszybkimi autami produkowanymi przez Porsche. Wielu inżynierów czaiło się na czerwone ferrari. Ja na parkingu dokonałem odkrycia. Raz pracowałem nad osiami dla pikapów, czyli małych półciężarówek, więc chciałem się przejechać takim samochodem. Na parkingu stał tylko jeden, chyba najohydniejszy w całym Detroit. Każdy

fragment karoserii miał inny kolor, części maski były pogniecione i wycięte. W środku wyrwano całą tapicerkę, do tego z różnych miejsc wystawały jakieś stalowe ramki o niewiadomym przeznaczeniu. Chyba nikt dotąd nie wziął tego biedaka na przejażdżkę, bo i po co, skoro obok stały porsche i ferrari…

Tak wyglądała moja **„wyścigowa" półciężarówka**. Naprawdę trudno było zgadnąć, że to prawdziwy rumak.

Ale ta półciężarówka była księciem zamienionym w żabę. Okazało się, że kiedyś inżynierowie Forda pracowali nad wyścigowym silnikiem do mustanga, najbardziej kultowego samochodu, jaki zjechał z taśm produkcyjnych firmy. A ponieważ silnika nie trzeba koniecznie testować w aucie, do którego jest przeznaczony, to wstawili go do tego pikapa, który gdy przestał być potrzebny, rdzewiał zapomniany na parkingu. Gdy tylko usiadłem za kółkiem, zdałem sobie sprawę, że to rumak pod skorupą żółwia. Auto było tak szybkie, że musiałem dotykać pedału gazu bardzo ostrożnie i delikatnie, żeby nie podrzucało przednich kół!

Raz na czerwonym świetle stanął obok mnie czarno-czerwony kabriolet Corvette. Wspaniały sportowy samochód. Kierowca spojrzał na mnie pogardliwie, ale gdy światło zmieniło się na zielone, ja w krótką chwilę znalazłem się 100 metrów przed nim! Zdenerwował się nie na żarty i gdy w końcu mnie dogonił, krzyknął:

– Co za potwora masz w tym śmieciu?

– To tylko napęd odrzutowy – zażartowałem.

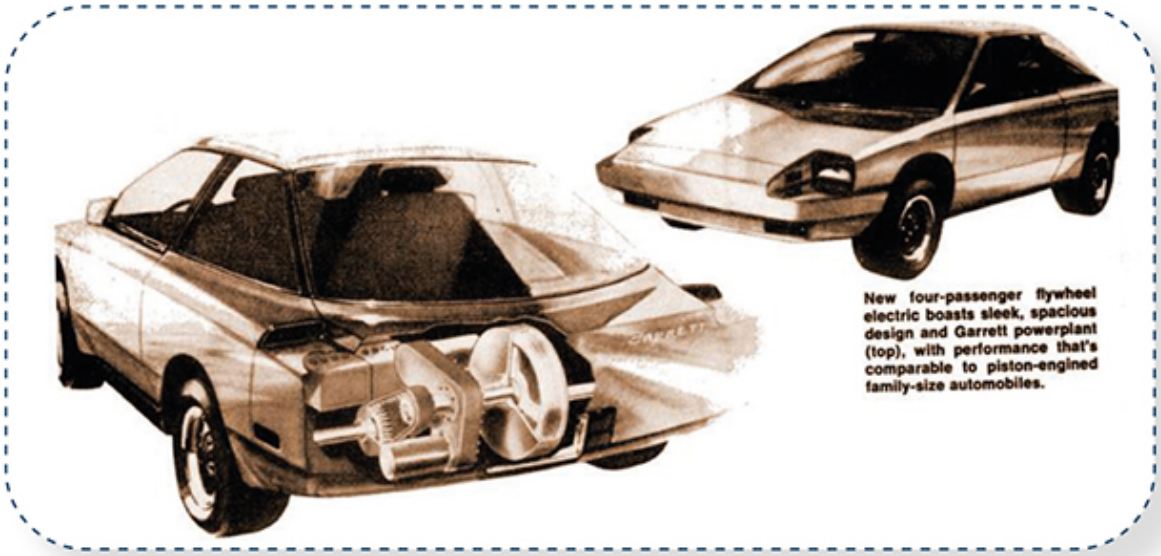
Napęd odrzutowy przypomniał o sobie, gdy nadszedł koniec studiów i musiałem się rozejrzeć za stałym zatrudnieniem.

W Stanach Zjednoczonych uczelnie pomagają studentom znaleźć pracodawcę. Aranżują spotkania i kupują bilety lotnicze. W moim wypadku Uniwersytet Michigan wytypował kilkanaście firm, z których wybrałem 11. Wszystkie co do jednej w Kalifornii. Miałem w tym swój cel. Latałem do Kalifornii i za każdym razem rano szedłem na rozmowę o pracę, a po południu jechałem do Pasadeny, aby spróbować się dostać do wspomnianego JPL, czyli Centrum NASA budującego statki międzyplanetarne. Stałem tak ze swoim CV w ręku, przyglądając się tym wszystkim zabieganym ludziom i mając nadzieję, że kiedyś do nich dołączę, jednak nikt nie zwracał na mnie uwagi. Absolutnie nikt. Wszystkie inne zaaranżowane przez uczelnię rozmowy o pracę poszły mi świetnie – dostałem dziesięć ofert, powinienem być z siebie dumny – ale to w JPL pragnąłem pracować najbardziej na świecie!

Wybrałem się do Pasadeny po raz ostatni. Znowu stałem z dokumentami w ręku i miałem nadzieję, że ktoś znajdzie dla mnie czas. Wreszcie podszedł do mnie pewien bardzo strapiony mężczyzna, który – zdaje się – wziął mnie za kogoś innego. Nie licząc na wiele, wręczyłem mu swój życiorys. Przeglądał go w milczeniu i nagle się ożywił.

– Pracowałeś w Fordzie? – zapytał, a ja przytaknąłem. – I naprawdę potrafisz zbudować samochód? Stary, masz tę robotę!

Oniemiałem. Dosłownie. To ja rozpaczliwie próbuję dostać się do NASA, a tu moją przepustką okazuje się wakacyjna praca w Fordzie? Jak to? Wtedy nie wiedziałem, że JPL otrzymało zlecenie zbudowania samochodu elektrycznego na podstawie technologii NASA i nikt, absolutnie nikt nie wiedział, jak się do tego zabrać. Ci ludzie budowali sondy kosmiczne, łaziki, projektowali wielkie misje, ale żaden z nich nie zajmował się samochodami. W ten sposób, nieco okrężną drogą, dostałem się do JPL. Byłem dumny jak paw i włożyłem mnóstwo pracy w skonstruowanie samochodu elektrycznego. Szkoda tylko, że cały projekt zakończył się wielką klapą…



New four-passenger flywheel electric boasts sleek, spacious design and Garrett powerplant (top), with performance that's comparable to piston-engined family-size automobiles.

W samochodach elektrycznych najważniejsze jest zapobieganie bezsensownej utracie energii. Największe straty powstają, gdy trzeba się zatrzymać na czerwonym świetle, a potem znowu rozpędzić. W bagażniku samochodu elektrycznego JPL wbudowaliśmy duże koło zamachowe. Gdy pojazd zwalniał, to zamiast tracić energię na

wyhamowanie, wykorzystywał ją w kole, które się szybko obracało. Gdy światło zmieniało się na zielone, braliśmy energię nie z baterii, ale właśnie z tego koła.

Nasz samochód okazał się supersprawny, dobrze się prowadził i w dodatku był w pełni ekologiczny. Pokazaliśmy go nawet na wystawie, na której prezentowane są najnowsze auta oraz wozy koncepcyjne, i zebraliśmy spore brawa, mimo to program został zakończony bez podania wyraźnej przyczyny. Może początek lat osiemdziesiątych XX wieku to nie były jeszcze czasy na samochody elektryczne? Szkoda, bo niewykluczone, że dziś zamiast pojazdów Tesli po drogach jeździłyby auta sygnowane JPL.

Jak widzicie, moje początki w wymarzonym Laboratorium Napędu Odrzutowego wcale nie były proste. Bo gdy wreszcie przekroczyłem progi NASA, pierwszy projekt, przy którym pracowałem, został przerwany.

Już niedługo jednak miałem pracować przy łazikach marsjańskich i sondach, które odkrywały tajemnice gazowych olbrzymów, projektować misję, która zakończy się lądowaniem na komecie, i codziennie rozwiązywać problemy kosmiczne, co do tej pory sprawia mi radość. Nauczyłem się też myśleć jak inżynier, nie poddawać się mimo trudności oraz szukać pomocy w najbardziej zaskakujących miejscach.

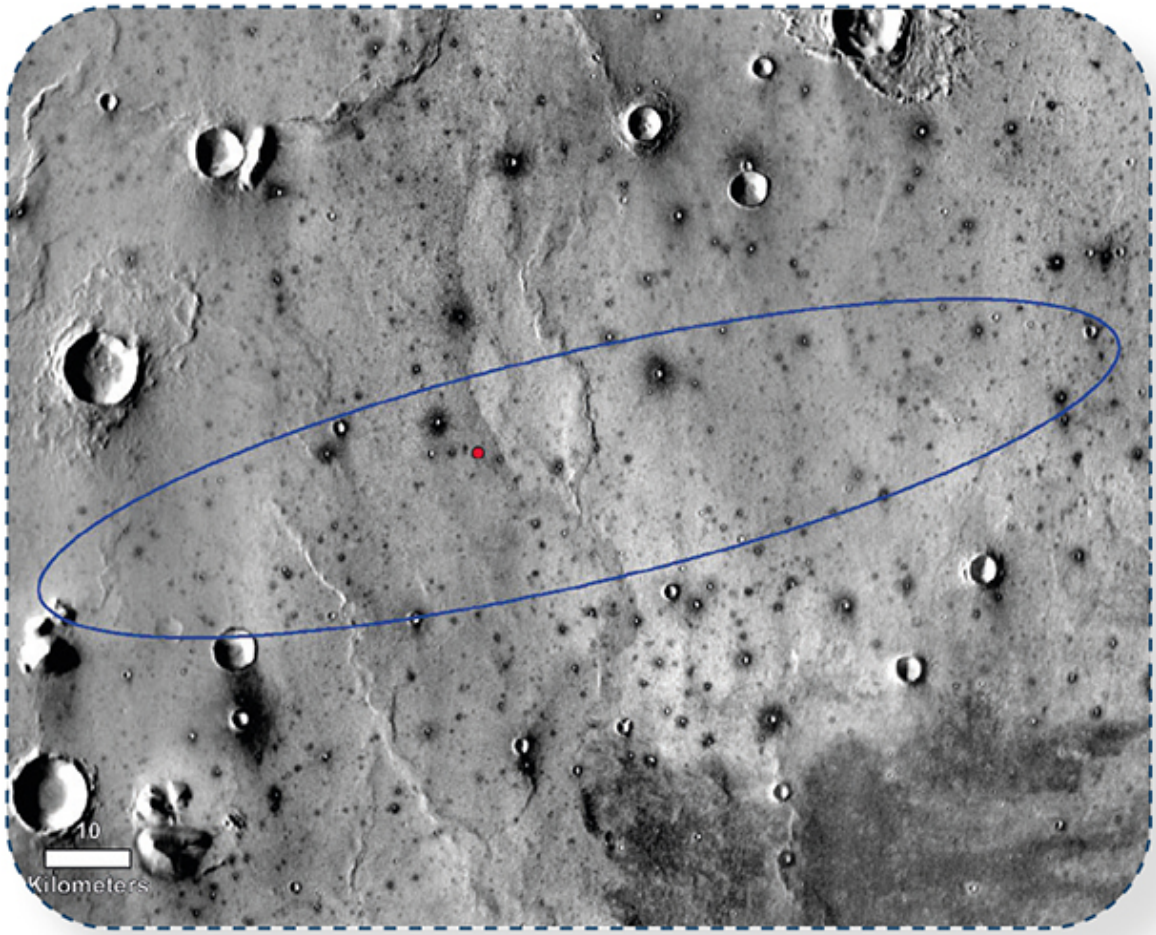
Co to jest lądownik i gdzie tak naprawdę wyląduje?

Lądownik to część statku kosmicznego, która po oddzieleniu się od statku matki ląduje na powierzchni ciała niebieskiego. W dzieciństwie budowałem lądowniki różnych rozmiarów, zmieniałem konstrukcję i proporcje. Niektóre były zbyt lekkie i gdy zrzucałem je z dachów, porywał

je wiatr. Podobnie jest w przestrzeni kosmicznej: w poszczególnych miejscach panują różne warunki, do których należy dostosować sposób lądowania.

Lądownik
to część statku kosmicznego, która po oddzieleniu się od statku matki ląduje na powierzchni ciała niebieskiego.

Przed lądowaniem naukowcy i inżynierowie NASA muszą ustalić, w jakiej okolicy chcą wylądować. Okolica ta musi być dość płaska, bez dużych głazów czy zboczy. Trudno znaleźć takie obszary na ciałach niebieskich zwykle pokrytych kraterami. Nie umiemy jeszcze wylądować dokładnie tam, gdzie chcemy, w taki sposób, jakbyśmy parkowali samochód. NASA dopiero pracuje nad technologią, którą nazywamy *pinpoint landing*, czyli „lądowanie na główce szpilki”. Obecnie nawet gdy dokładnie wyznaczymy na Marsie miejsce lądowania, to i tak prawdopodobnie nasz pojazd zetknie się z powierzchnią planety kilkadziesiąt, a nawet kilkaset metrów dalej. Nie wiemy, gdzie dokładnie trafimy, ale znamy tak zwaną elipsę lądowania, w środku której znajduje się nasz cel. Dlaczego jest to elipsa, czyli spłaszczone koło? Istnieje wiele powodów. Na przykład:



To jest **elipsa**, która pokazywała, gdzie powinien osiąść **marsjański lądownik InSight**. Na pokładzie tego lądownika znajdował się penetrator zbudowany przez polską firmę Astronika. Wcześniej nad tą technologią pracowało Centrum Badań Kosmicznych w Warszawie. A więc na Marsie jest już coś *made in Poland*!

– nie znamy dokładnej prędkości, z jaką lądownik osiada na planecie;

– nie wiemy, jakie są wiatry w atmosferze;

– nie wiemy, w jaki sposób będzie się spalać tarcza termiczna chroniąca lądownik;

– nie wiemy, pod jakim dokładnie kątem statek wpadnie w atmosferę.

Te wszystkie niewiadome sprawiają, że punkt lądowania zamienia się w obszar o kształcie elipsy. Żeby to lepiej zrozumieć, przeprowadźmy doświadczenie.

Zadanie

Lądowanie na Marsie

Potrzebne będą:

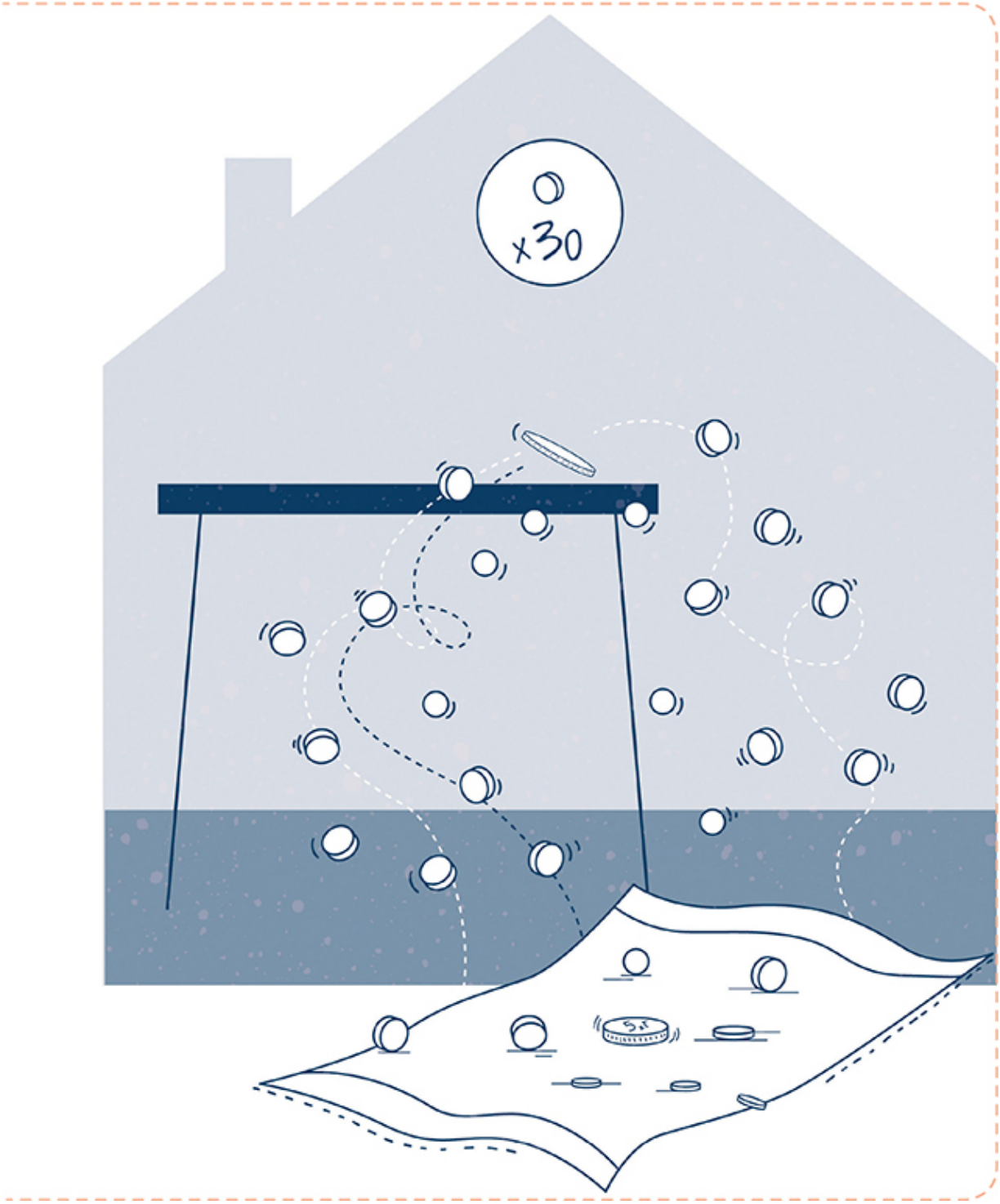
- 30 monet o niskich nominałach (od grosza do 50 groszy);
- moneta pięciozłotowa;
- ręcznik.

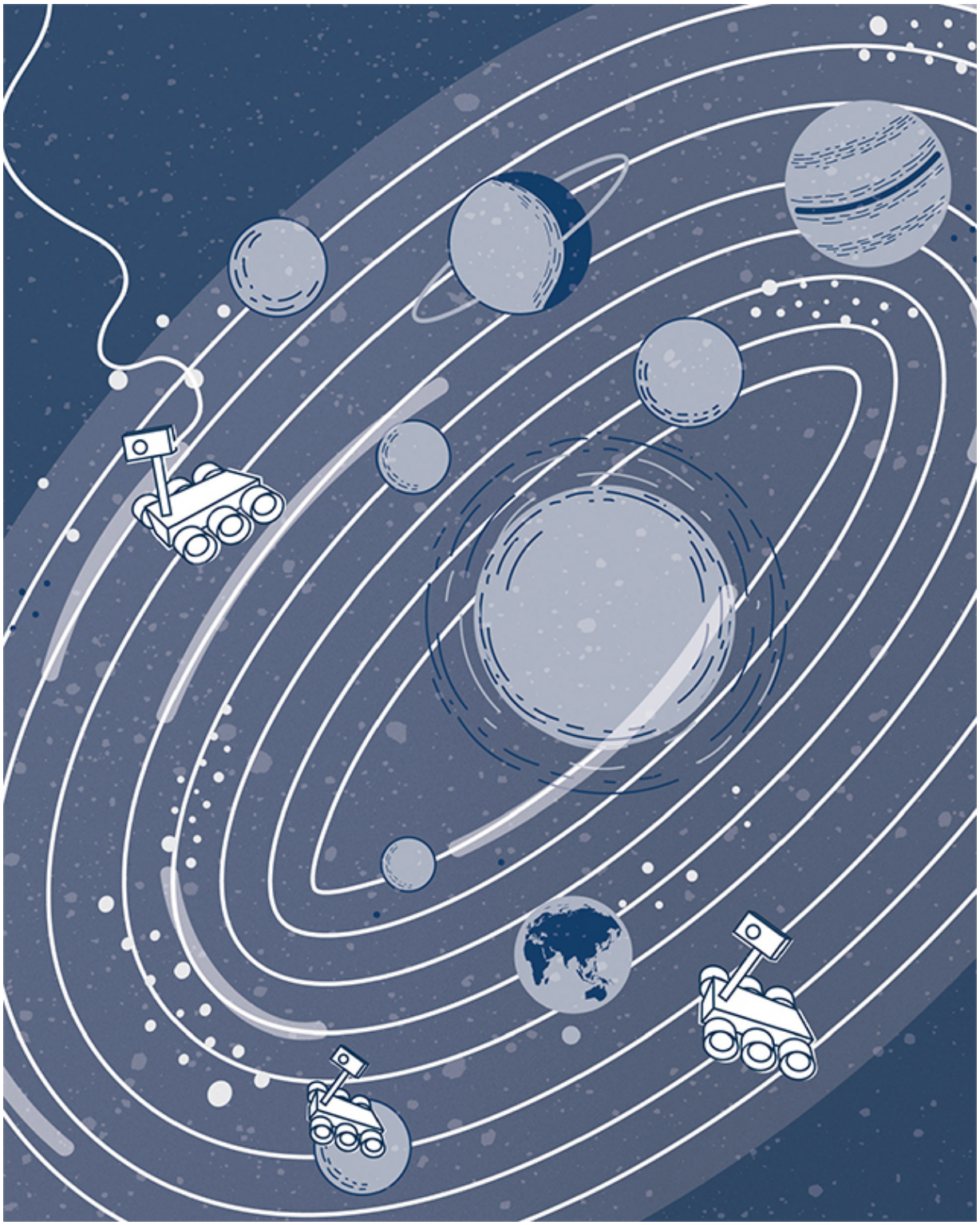
Rozłóż ręcznik na podłodze, tuż obok stołu. Będzie udawał powierzchnię Marsa.

Na ręczniku, jakieś 30 centymetrów od krawędzi blatu, umieść monetę pięciozłotową. To nasz punkt lądowania, w który celujemy.

Monety to lądowniki. Połóż pierwszą z nich na samym brzegu stołu i daj jej odpowiedniego prztyczka, żeby wylądowała na pięciozłotówce. Nie udało się? To weź drugą, potem trzecią i tak dalej. Na końcu eksperymentu będziesz mieć 30 monet rozsypanych dookoła pięciozłotówki.

Jaki kształt utworzyły rozsypane monety? Jak myślisz, co należy zrobić, żeby upadały jak najbliżej celu lądowania? Wystarczy pokombinować! Odpowiedzi znajdziesz na końcu książki.


x30



Rozdział drugi

JAK WYLĄDOWAĆ WSZĘDZIE, GDZIE MOŻNA I NIE MOŻNA

Zabawmy się w inżynierów kosmicznych i spróbujmy się zastanowić, jak posadzić lądownik w różnych miejscach Układu Słonecznego. Zacznijmy od naturalnego satelity Ziemi, czyli od Księżyca.

Lądowanie na Księżycu

Grawitacja na Księżycu jest sześciokrotnie mniejsza niż na Ziemi. To dobra wiadomość, bo mała grawitacja sprawia, że lądownik, zbliżając się do powierzchni, nie nabierze gwałtownie przyspieszenia, a zatem jest większa szansa, że się nie rozbije.

Grawitacja wpływa na to, ile ważymy. Przy sześciokrotnie mniejszej grawitacji na Księżycu każdy z nas ważyłby sześć razy mniej niż na Ziemi. Policzmy: jeśli ja ważę 60 kilogramów, to na Księżycu ważyłbym 10 – tyle, ile niezbyt duży pies albo bardzo spasiony kot. A ty? Aby to obliczyć, po prostu podziel swoją wagę przez sześć.

John Young skacze po Księżycu podczas misji Apollo 16. Astronauci nosili ciężkie plecaki. Bez plecaka taki niewinny podskok wystrzeliłby Johna na orbitę księżycową!

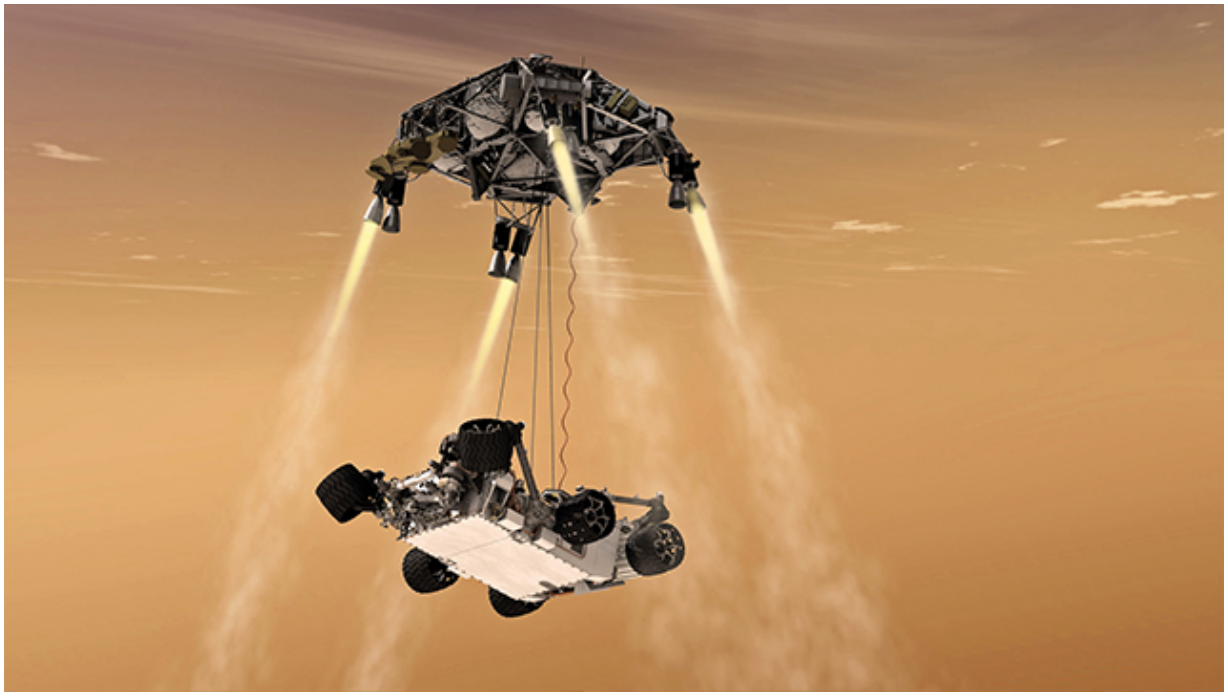
Na Księżycu nie ma też atmosfery… no, prawie nie ma. Są za to gazy, które ulatniają się z księżycowych skał, a choć ich gęstość jest znikoma, niektórzy naukowcy upierają się, by te gazy nazywać atmosferą. To zarazem dobra, jak i zła wiadomość. Dobra, bo statek kosmiczny, wchodząc w atmosferę ciała niebieskiego, rozgrzewa się w wyniku tarcia. Jest to bardzo niebezpieczne i statki kosmiczne (takie jak te, którymi wracają na Ziemię astronauci po zakończeniu misji na Międzynarodowej Stacji Kosmicznej, lub inne, które sadzają łaziki na Marsie) muszą mieć ochronę termiczną. Dlatego brak atmosfery to brak konieczności osłaniania całego statku kosmicznego tarczami termicznymi.

Jeśli pamiętasz lądowanie łazików na Marsie, na przykład Curiosity, to z pewnością pamiętasz też, że na odpowiedniej wysokości otwierają się spadochrony, dzięki którym kapsuła hamuje na tyle, żeby miękko wylądować. Ale spadochrony działają tylko tam, gdzie jest atmosfera. Skoro na Księżycu jej nie ma, to zdadzą się na nic, w związku z czym trzeba lądować przy użyciu napędu rakietowego, który ustawiony w kierunku powierzchni, spowalnia lądownik.

Lądowanie na Marsie

Mars ma atmosferę, ale jest ona mniej więcej 100 razy rzadsza od ziemskiej. Jednak nawet taka kiepska atmosfera jest w stanie stopić lądownik, który wpada w nią z niesamowitą szybkością sześciu kilometrów na sekundę. Spróbujcie to sobie wyobrazić: aby pokonać sześć kilometrów, człowiek musiałby nieustannie biec przez mniej więcej 40 minut. Samochód jadący ze średnią prędkością 60 kilometrów na godzinę potrzebowałby na to sześć minut. A lądownik spadający w atmosferę

marsjańską pokonuje te sześć kilometrów w zaledwie jedną sekundę! Dlatego trąc o atmosferę, może się spalić. Trzeba go spowolnić i ochronić przed skrajnie wysoką temperaturą. Wszystkie łaziki marsjańskie są schowane pod tarczą termiczną, która rozgrzewa się do 2100 stopni Celsjusza. Tarcza spowalnia lądownik na tyle, że można wystrzelić spadochron, a potem odpalić malutkie rakietki, które delikatnie posadzą koła łazika na Marsie. W NASA nazywamy ten czas przelotu przez 130 kilometrów atmosfery marsjańskiej „siedmioma minutami grozy", bo na taki czas rozgrzane, zjonizowane powietrze dookoła lądownika zabija całą łączność radiową. Przez tych siedem minut, które nam, czekającym przed monitorami w centrum kontroli w JPL, wydają się godzinami, nie wiemy, czy łazik, nad którym pracowaliśmy przez siedem lat i który kosztował dwa miliardy dolarów, będzie jeździł po Marsie i zbierał dane, czy też zakończy swe krótkie życie jak czołg po najechaniu na minę. Straszny stres.



Tak lądowała Curiosity (w tłumaczeniu: Ciekawość). Na ilustracji widać dokładnie „siódmą minutę grozy". W tym momencie żadna z osób z kontroli lotu w JPL jeszcze

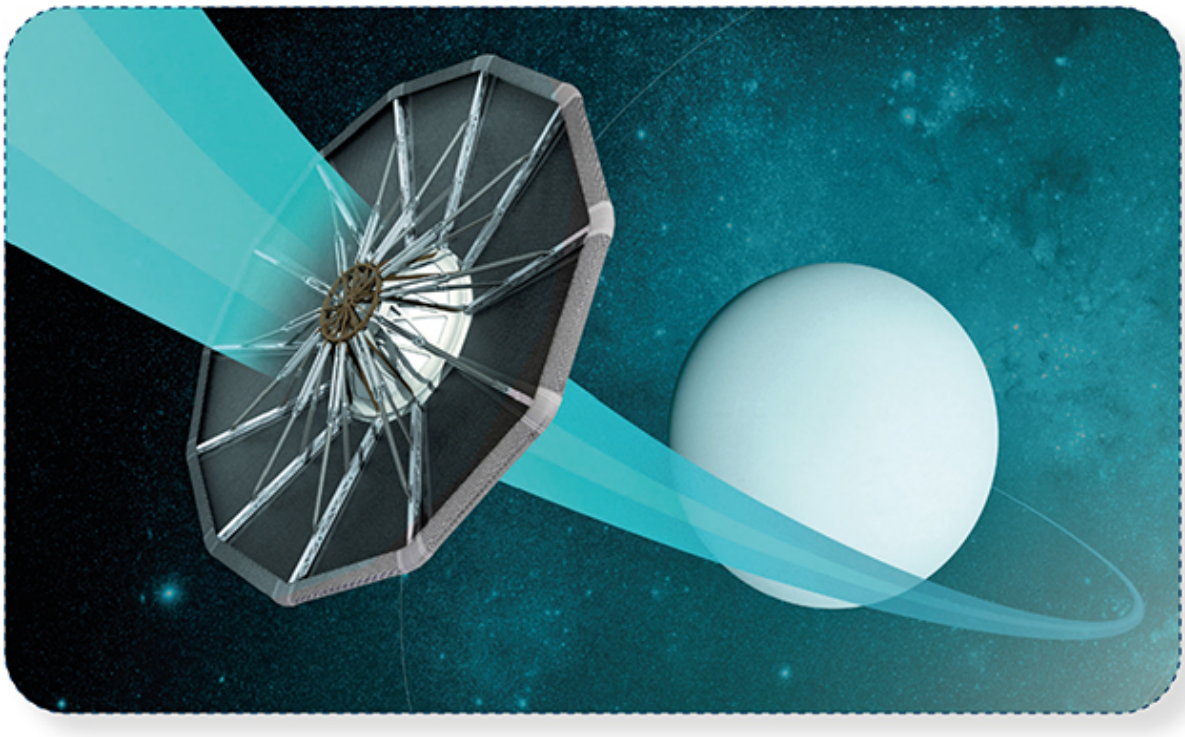
nie wie, czy otworzył się mały, a później duży spadochron, czy odskoczyła ochrona termiczna, czy odpadła osłona górna, czy wysunęły się linki i koła, czy włączyły się retrorakiety ani… czy Curiosity nie wylądowała pechowo na ogromnym głazie. Nawet najmniejsza usterka mogła spowodować, że zamiast łazika mielibyśmy marsjański meteoryt. Gdy koła pojazdu dotykają Marsa, inżynierowie w JPL muszą czekać jeszcze 14 minut, by się dowiedzieć, czy rzeczywiście wylądował, bo tyle czasu potrzebuje sygnał, by dotrzeć na Ziemię. Napięcie w kontroli lotów jest potworne!

Lądowanie na Jowiszu

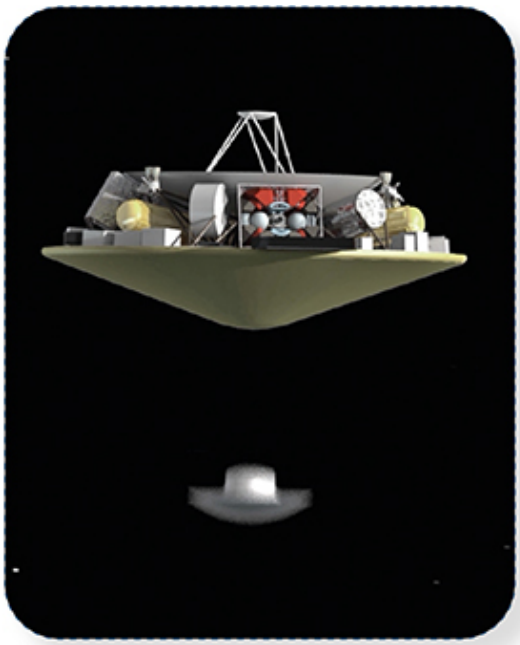
Jowisz, Saturn, Neptun i Uran to planety gazowe, co znaczy, że wylądowanie na nich jest równie możliwe, jak wylądowanie na chmurze.

Jak sądzisz, czy lądowanie na największej planecie Układu Słonecznego jest trudne czy łatwe? Podpowiem: obie odpowiedzi byłyby błędne. Na Jowiszu nie da się wylądować, i to nie dlatego, że jacyś inżynierowie się poddali i uznali, że nie chce im się szukać kolejnych rozwiązań. Po prostu lądowanie zakłada postawienie czegoś na powierzchni, a jak postawić coś w miejscu, które tej powierzchni nie ma? Jowisz, Saturn, Neptun i Uran to planety gazowe, co znaczy, że wylądowanie na nich jest równie możliwe, jak wylądowanie na chmurze. Zróbmy sobie wycieczkę w wyobraźni i schodźmy coraz niżej w atmosferę Jowisza. Po przebyciu tysięcy kilometrów trafimy do najniższej partii, czyli prawdopodobnie do wody. Ale na tej głębokości ciśnienie jest tak olbrzymie, że zgniotłoby nasz lądownik w maleńką metalową kuleczkę. Czy oznacza to, że nigdy nie dotrzemy w głąb Jowisza i musimy się zadowolić obserwacjami jego powierzchni? Wierzę, że nie. Pamiętasz naszą zasadę mówiącą, że nic nie jest niemożliwe? Może być tylko trudne, a z odrobiną samozaparcia, wyobraźni i pracy ze wszystkiego, co trudne,

można zrobić coś łatwego. Wystarczy pokombinować. Może w przyszłości, jako inżynier, wymyślisz, jak zanurzyć się w wewnętrzne warstwy gazowych olbrzymów, i zbudujesz sondę, która będzie do tego zdolna? Sam pracowałem przy budowie sondy Galileo, która przez wiele lat badała tego gazowego olbrzyma i jego księżyce. Teraz czas na ciebie!



Tak wygląda **zaprojektowany przez nas statek**, który poleci na planetę Uran. Dlaczego ma ten ogromny parasol? Ponieważ Uran jest bardzo daleko, więc trzeba lecieć szybko. No tak, ale jak się doleci, to trzeba nagle zwolnić, żeby wejść na orbitę planety. Zwykle zwalnia się poprzez przyczepienie do statku dużej rakiety, którą się odpala w przeciwnym kierunku do lotu, i w ten sposób statek hamuje. Młody inżynier z JPL, Alex, wpadł na inny pomysł. Powiedział: „Przyczepmy do statku ogromny parasol, który przez opór i tarcie zwolni statek w atmosferze Urana”. *Deep probe* to ta mała szara kulka w dolnej części statku. Bardzo chciałbym, żeby zbudowali ją Polacy. Profesor z Politechniki Wrocławskiej skonstruował prototyp takiego mikroskopijnego instrumentu, który mógłby zmieścić się w środku tytanowej kuli.



Wydarzył się zabawny zbieg okoliczności. Niedługo po napisaniu tego zdania przyszedł do mnie mój szef i powierzył mi zaprojektowanie sondy, która ma badać planetę Uran. Będzie to kolejna wielka misja NASA. Zebrałem już grupę inżynierów, fantastycznych ludzi, którzy zawsze zaskakują mnie pomysłowością. To dopiero początek pracy koncepcyjnej, ale obecnie wydaje się nam, że na Urana powinna polecieć potrójna sonda, taka trochę matrioszka kosmiczna. Chcemy, by najpierw statek matkę opuściła na spadochronie większa sonda, a gdy ciśnienie stanie się zbyt duże i zacznie ją zgniatać, to z jej środka wypadnie druga sonda, której celem będzie zbadanie głębokich warstw gazowych powłok planety i może nawet dotarcie do wody.

Tę drugą, mniejszą sondę nazwaliśmy *deep probe*, czyli sondą głęboką. Ma wyglądać jak mała metalowa kulka, ponieważ uznaliśmy, że skoro ciśnienie gazowego olbrzyma zmiażdży każdą sondę do postaci niewielkiej kuli, to czemu od tej kuli nie zacząć? Zamierzamy ją wykonać z wyjątkowo wytrzymałego tytanu. Wewnątrz kuli umieścimy tylko jeden maleńki instrument badawczy – aparat do identyfikacji gazu. Pracuje nad nim

pewien profesor z Wrocławia. Zgadza się, wiele wskazuje na to, że to Polacy stworzą pierwszą sondę, która zanurkuje w gazowe powłoki Urana!

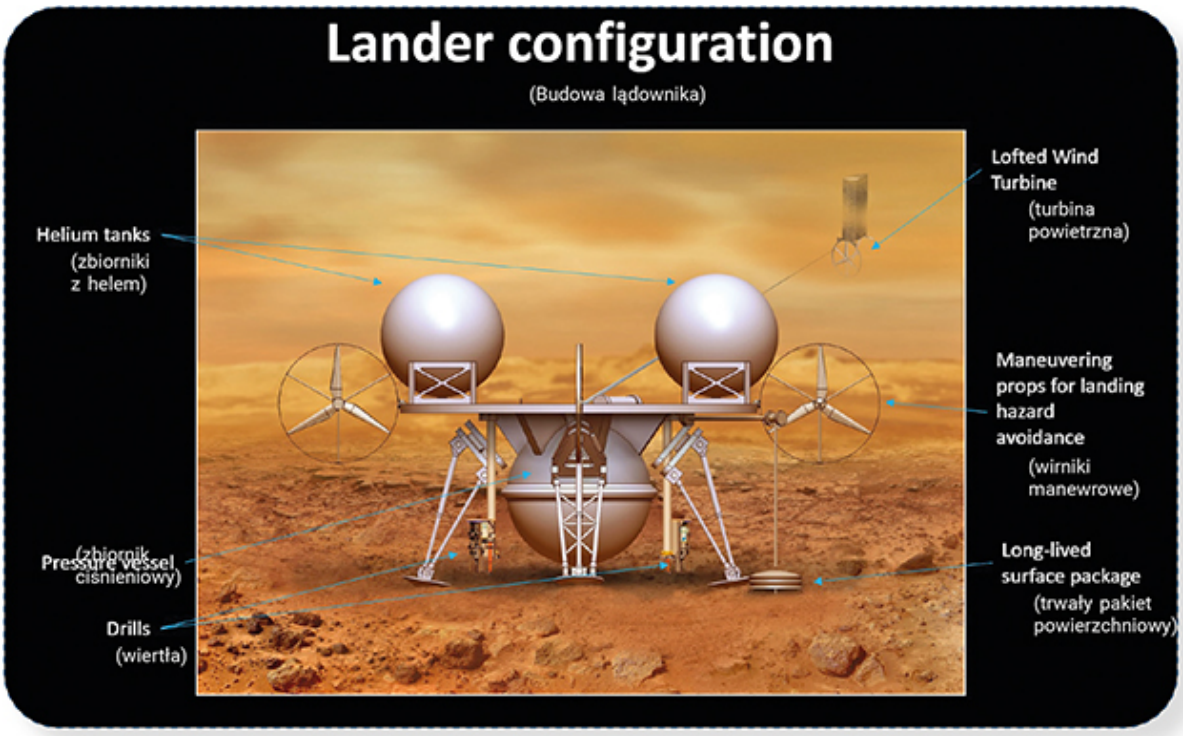
A może ty, przyszły inżynier, masz własny pomysł na sondę, która mogłaby zbadać gazowe planety? Może dostrzegasz coś, czego my, dorośli, już nie widzimy? Bardzo chętnie posłucham lub poczytam o twoich projektach. Kto wie, może nawet któryś wykorzystamy w JPL.

Lądowanie na Wenus

Ta planeta to prawdziwe piekło: bardzo wysoka temperatura, gęsta atmosfera i kwaśne deszcze (czyli takie, które powstają w reakcji wody z tlenkami siarki i siarkowodorem, bardzo kwaśnymi i żrącymi substancjami). Oznacza to masę problemów do rozwiązania. Najlepszy lądownik wysłany na Wenus przetrwał na jej powierzchni zaledwie dwie godziny! Panuje tam 100 razy wyższe ciśnienie (ciśnienie atmosferyczne to siła, z jaką słup powietrza naciska na podłoże) niż na Ziemi, był więc narażony na potężną, nieustannie zgniatającą go siłę, porównywalną do tej, która działa na łodzie podwodne znajdujące się na głębokości kilometra pod powierzchnią wody. Wynika z tego, że lądownik wenusjański musi być tak wytrzymały jak batyskafy. W dodatku w atmosferze wenusjańskiej jest dużo kwasu siarkowego, który ma wyjątkowo niszczycielskie działanie. Wżera się w metal i wypala soczewkę kamery. I jeszcze to gorąco… Na Wenus jest 460 stopni Celsjusza, czyli ponad cztery razy tyle, ile wynosi temperatura gotującej się wody. Mimo osłon termicznych komputery w końcu zwyczajnie się ugotują.

W JPL lubimy wyzwania. Stwierdziliśmy, że chcemy zbudować lądownik, który przetrwa w piekielnej atmosferze Wenus cały rok. Było dla

nas jasne, że w pierwszej kolejności trzeba zadbać o elektronikę, bo co nam z lądownika, który nie zbiera ani nie przesyła danych? Projektujemy statki kosmiczne tak, by utrzymać układy elektroniczne w temperaturze od minus 50 stopni do około plus 50 stopni Celsjusza, a najlepiej w temperaturze pokojowej. Jedynym sposobem, aby komputer lądownika przetrwał na Wenus, jest… włożenie go do lodówki. Naprawdę. Nie żartuję ani nie opowiadam fabuły kolejnego komiksu mojego taty. Chcemy obudować komputer chłodziarką. Tylko skąd wziąć prąd, który zasili naszą lodówkę? Przecież nie pociągniemy mierzących miliony kilometrów kabli z elektrowni Bełchatów! Obłożenie lądownika panelami słonecznymi również nie wchodzi w grę. Gęsta atmosfera powoduje, że na Wenus nie dociera wystarczająca ilość promieni słonecznych, a same panele zwyczajnie by się roztopiły. Można byłoby użyć generatorów nuklearnych, ale i one nie są przystosowane do tak wysokich temperatur, poza tym roztopiłyby się pod wpływem deszczów z kwasu siarkowego.

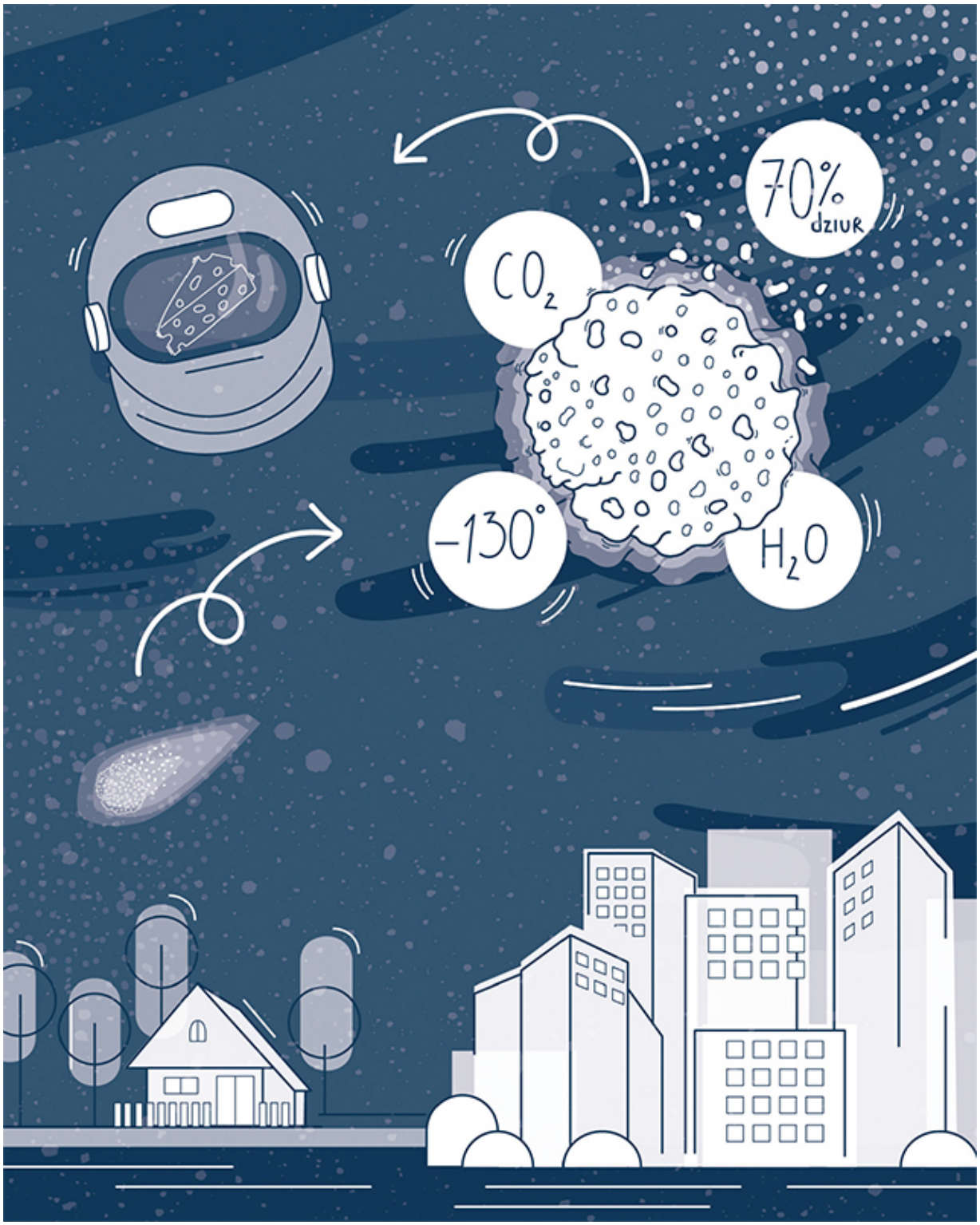


Tak wyglądałby **lądownik wenusjański**, który powinien działać cały rok. Przypatrz się, a zobaczysz stalowy balon ze śmigłem.

Z którejkolwiek strony spojrzeć, same problemy. Ale jak mówiłem wcześniej, uważam, że każdy problem można rozwiązać. Trzeba mu się przyjrzeć z różnych stron, pytać przyjaciół i ekspertów, którzy mogą wiedzieć więcej niż my, podglądać naturę, czytać i szukać nietypowych rozwiązań. Zaprząc do pracy całą swoją wiedzę i kreatywność i nie obawiać się porażek, bo one również czegoś nas uczą.

Tak też zrobiliśmy w JPL i wiesz, co wymyśliliśmy? Że naszą lodówkę może napędzać… elektrownia wiatrowa! Ustaliliśmy, że w gęstej wenusjańskiej atmosferze, wysoko nad powierzchnią planety wieją wiatry. Wymyśliliśmy, że jeśli przyczepimy do lądownika balon ze śmigłem, to wiatr będzie nim kręcił, a ruch ten pozwoli wygenerować prąd niezbędny do chłodzenia komputerów. Czyli wystarczą balon, śmigło i generator. Wiatr poruszy śmigłem, ono przekaże ruch do generatora, a generator wyprodukuje prąd elektryczny, który za pośrednictwem kilometrowego kabla trafi do lodówki i sprawi, że komputer będzie pracować w temperaturze pokojowej. Proste, prawda? Chociaż długo wydawało się niewykonalne. Właśnie na tym polega praca inżyniera – na znajdowaniu kreatywnych rozwiązań skomplikowanych problemów.

Jak sądzisz, z jakiego materiału należałoby wykonać balon, aby go nie rozpuścił kwas siarkowy? Z gumy? Z folii? Nic z tych rzeczy. Najlepsza będzie stal. Co prawda umieszczony nad powierzchnią Ziemi gruchnąłby o powierzchnię planety jak cysterna, ale w gęstej atmosferze Wenus byłby lekki, nawet bardzo lekki. I mógłby latać!


70% dziur
CO_2
H_2O
-130°

Rozdział trzeci

JAK WYLĄDOWAŁEM NA KOMECIE

Co sądzisz o pomyśle wylądowania na poruszającym się z prędkością 100 tysięcy kilometrów na godzinę, nieustannie kręcącym się wokół własnej osi maleńkim ciele niebieskim, jakim jest kometa? Trudno to sobie wyobrazić, prawda?

Komety mają wielkość od kilkunastu metrów do kilkunastu kilometrów, mogą więc być tak duże jak dom albo jak spore miasto. Składają się głównie z pyłu i różnych lodów. Zaraz, co to znaczy „różnych lodów”? Przecież lód to lód. Gdy temperatura spada poniżej zera, woda zamarza i staje się lodem. To oczywiście racja. Tak dzieje się na Ziemi. Ale komety są bardzo zimne, mają temperaturę nawet 130 stopni Celsjusza poniżej zera. W takich warunkach zamarza nie tylko woda, ale również wiele gazów. Dlatego na kometach oprócz wody (H_2O) jest bardzo dużo zamrożonego dwutlenku węgla (CO_2). Lód gromadzi się w szczelinach, ponieważ komety są porowate, trochę jak gąbka. Obliczono, że kometa może aż w 70 procentach składać się z dziur. Jest jak kosmiczny ser szwajcarski. Właśnie przez te dziury komety mają małą masę i małą grawitację.

Kometa bliska memu sercu nosi nazwę 67P. Liczba oznacza, że jest to 67. kometa dostrzeżona i opisana przez ludzi, a litera P to skrót od angielskiego słowa *periodic*, czyli „okresowa”. Dlaczego? Bo przemieszcza się po eliptycznej orbicie (eliptycznej, czyli przypominającej wydłużone lub spłaszczone koło. Kopernik uważał, że planety poruszają się po orbitach kołowych, ale to nie pokrywało się z obserwacjami. Dopiero Jan Kepler odkrył, że poruszają się po orbitach przypominających kształtem jajka, czyli właśnie eliptycznych) i powraca okresowo w to samo miejsce. Ponieważ kometom nadaje się nazwy pochodzące od nazwisk ich

odkrywców, tę nazywa się kometą Czuriumow–Gierasimienko, od nazwisk astronomów z Ukrainy, którzy zaobserwowali ją jako pierwsi.

Stoję pod modelem lądownika Philae zaprojektowanym przez Niemiecką Agencję Kosmiczną DLR. Jak widzisz, lądownik był wielkości malej lodówki. Miał trzy nogi i właśnie trzymam jedną z nich. A dlaczego lądowniki mają zawsze trzy nogi, a nie na przykład cztery lub pięć? Jak może pamiętasz z lekcji geometrii, płaszczyzna (wyobraź sobie płaską kartkę rozciągającą się w każdym kierunku w nieskończoność) przechodzi przez trzy punkty. Nawet jeżeli jedna noga wyląduje na kamieniu, to i tak lądownik będzie stabilny. Jeżeli masz cztery nogi i nie wylądujesz perfekcyjnie na płaskim asfaltowym parkingu – których na Marsie lub kometach nie ma tak wiele – to jedna noga najprawdopodobniej będzie bezużytecznie wisiała w powietrzu. Po co więc tracić na nią miejsce?

Na kometach

oprócz wody (H_2O) jest bardzo dużo zamrożonego dwutlenku węgla (CO_2). Lód gromadzi się w szczelinach, ponieważ komety są porowate, trochę jak gąbka. Obliczono, że kometa może aż w 70 procentach składać się z dziur. Jest jak kosmiczny ser szwajcarski. Właśnie przez te dziury komety mają małą masę i małą grawitację.

Przyciąganie na 67P jest 20 tysięcy razy mniejsze niż ziemskie. Pamiętasz nasze wyliczenia z wagą na Księżycu? (Jeśli nie, zerknij do rozdz. 2). Na 67P ważylibyście tyle, ile jedna złotówka. I na tej właśnie niewielkiej komecie osiadł lądownik międzynarodowej misji kosmicznej Rosetta, w której brałem udział z ramienia NASA. Kret, czyli składający się z wiertła i młotka penetrator do wkręcania się pod powierzchnię, został zbudowany przez polską firmę kosmiczną Astronika. Taka to właśnie była międzynarodowa kosmiczna współpraca – nie tylko między inżynierami z różnych krajów, ale także naukowcami, a nawet artystami!

Pewnego dnia w trakcie przygotowywania misji obserwowałem naukowców Rosetty dyskutujących o tym, jak będzie wyglądało miejsce lądowania. Czy będzie piaszczyste, a może najeżone ostrymi skałami lub głazami? A może nasz lądownik trafi na pęknięcie, z którego wystrzeli gaz,

wyrzucając Philae, nasz lądownik, daleko w kosmos? Przekrzykiwali się przy tym i gwałtownie gestykulowali, co miało pomóc im bardziej wyraziście przedstawić swoje wyobrażenia. Dotarło do mnie, że bez dobrych wizualizacji nie posuniemy się naprzód. To nie były czasy, gdy po wpisaniu kilku słów w wyszukiwarkę internetową można znaleźć odpowiedź na większość pytań. Wówczas, na przełomie stuleci, zasoby internetowe nie były tak bogate jak dziś, ale to mnie nie powstrzymało. W Pasadenie, gdzie mieszkam i gdzie znajduje się Laboratorium Napędu Odrzutowego, mieści się ArtCenter College of Design. Jest to ceniona uczelnia artystyczna, której studenci projektują karoserie nowych samochodów, tworzą bohaterów gier komputerowych, a nawet wiedzą, jakie buty sportowe będziemy chcieli sobie kupić za pięć lat. To oni tworzyli wyjątkowy design takich aut jak Corvette, Mustang, Audi TT, BMW Z8, Mini, Lamborghini Murciélago i Ferrari F430.

Mój syn Marcus ogląda wystawę najnowszych projektów aut stworzonych przez studentów ArtCenter. My te samochody zobaczymy na drogach za dziesięć lat.

Pochwalę się, że przez dwa lata wykładałem na tej uczelni. Ale zaraz: co inżynier NASA, który projektuje instrumenty do sond kosmicznych, mógł robić na uczelni artystycznej? No przecież mówiłem, że mam na imię Art… A tak poważnie to różne, nawet z pozoru odległe dziedziny nauki na pewnych płaszczyznach są sobie wyjątkowo bliskie i nawet inżynier może przekazać cenną wiedzę studentom sztuki, a przy okazji sam się od nich czegoś nauczyć.

Jednak tym razem poszedłem do ArtCenter nie po to, by stanąć za katedrą, ale by znaleźć pomoc, sprawnego ilustratora z bogatą wyobraźnią,

który pomógłby naukowcom przewidzieć, jak może wyglądać lądowanie Philae na komecie. Rozwiązanie problemu dosłownie stało za drzwiami i miało w ręku laptopa. Tym rozwiązaniem była Liz Barrios de la Torre, dziewczyna meksykańskiego pochodzenia, którą zobaczyłem w chwili, gdy rozmawiała z producentem samochodów i jedną ręką trzymała otwartego laptopa, a drugą nanosiła poprawki na przygotowywany projekt. Podszedłem i zapytałem, czy nie chciałaby pracować dla NASA.

Miesiąc później Liz regularnie brała udział w zebraniach, które odbywaliśmy w JPL, i słuchając wyobrażeń naukowców, a także zadając im masę precyzyjnych pytań, przygotowywała świetne i bardzo pomocne wizualizacje lądowania na komecie. Jak więc widzisz, nawet bez dyplomu uczelni technicznej czy doktoratu z nauk ścisłych można tworzyć prawdziwą naukę i przyczyniać się do lepszego poznania świata.

Ilustracje Liz były tak dobre, że zacząłem się obawiać, czy nie wpłyną na wyobraźnię zgromadzonych wokół projektu naukowców, tak jak na nasze wyobrażenie o dinozaurach wpłynęły rysunki Charlesa Knighta. Bo Charles Knight, urodzony w drugiej połowie XIX wieku utalentowany ilustrator i paleontolog badający odkopane kości dinozaurów, bazując na odnalezionych szkieletach, stworzył tak świetne przedstawienia dinozaurów, że po dziś dzień, mówiąc o tych potężnych stworzeniach, wyobrażamy sobie ogromne jaszczurki, choć prawdę powiedziawszy, dinozaury bardziej przypominały olbrzymie kury…

Tak **Charles Knight malował dinozaury** na podstawie kilku znalezionych kości. Nikt nie widział wtedy skóry dinozaura. Knight założył, że dinozaury wyglądały jak duże jaszczurki, i już tak zostało. Dopiero teraz naukowcy starają się to odwrócić i dowieść, że większość dinozaurów była pokryta piórami i wyglądała bardziej jak koguty.

Jakieś pół roku po tym, jak Liz dołączyła do naszej ekipy, do mojego biura wpadł doktor W., wybitny znawca komet, i poirytowanym głosem powiedział:

– Art, wiem, że chciałbyś, żeby kometa wyglądała ekscytująco i żeby wszyscy, którzy zobaczą rysunki, cieszyli się na finał misji tak jak my, ale ty i Liz wprowadzacie ludzi w błąd! Przecież ta kometa będzie wyglądała po prostu jak pomalowana na czarno piłka do koszykówki!

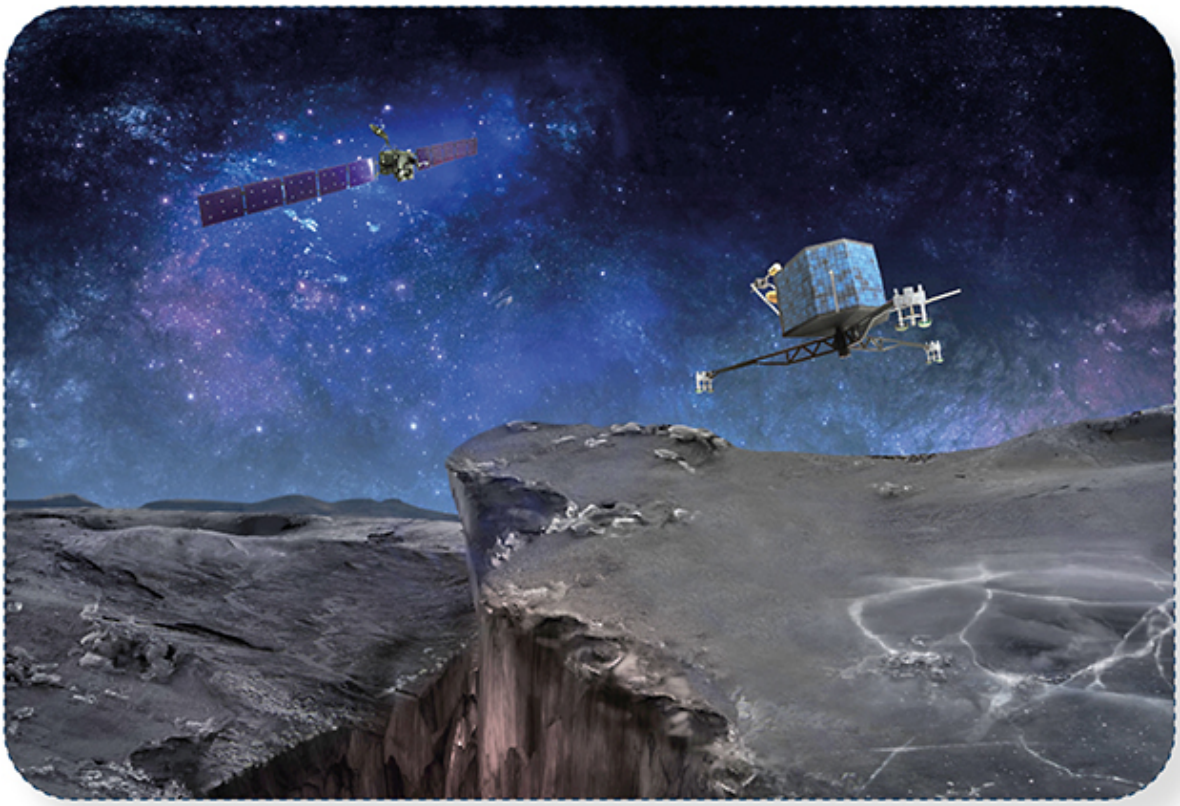
Liz Barrios de la Torre na balkonie przy swoim studiu w JPL. Liz, zatrudniona do misji Rosetta jako ilustratorka, po jakimś czasie zdecydowała, że do swoich studiów artystycznych doda magisterium techniczne w Massachusetts Institute of Technology (MIT) koło Bostonu. W 2020 roku skończyła studia i wróciła do JPL. Bardzo chciałbym znów z nią pracować, bo ma niesamowite pomysły.

Przyznam, że nieco się wystraszyłem. Co, jeśli doktor W. miał rację i zanadto puściliśmy wodze wyobraźni? Jeśli tak bardzo chcieliśmy dzielić

radość z lądowania na komecie z innymi, że troszkę zapomnieliśmy, że najważniejsza jest prawda naukowa? Długo nie dawało mi to spokoju. Aż do dnia, gdy sonda Rosetta zbliżyła się do komety i przesłała nam pierwsze zbliżenia 67P. I wiecie co? Okazało się, że ilustracje były trafione w dziesiątkę! Liz świetnie sobie poradziła z zadaniem i jedynie na podstawie przemyśleń naukowców stworzyła rysunki, dzięki którym mogliśmy zobaczyć, jak wygląda kometa oddalona od Słońca nawet 850 milionów kilometrów! Od tamtej pory artyści i projektanci na stałe goszczą w naszych zespołach. Dali nam zastrzyk kreatywności i nowy, niesłychanie cenny punkt widzenia, a przede wszystkim nauczyli nas, że aby dobrze wykonać powierzone zadanie, należy sięgać do najróżniejszych źródeł i korzystać z wiedzy i umiejętności ludzi, którzy na pozór nie mają niczego wspólnego z badaniami kosmosu.

Liz nadal pracuje dla NASA. Właśnie projektuje wygodniejsze od obecnych skafandry kosmiczne oraz buduje łazik marsjański, który nie ma kół, a porusza się poprzez składanie i rozkładanie, zupełnie jak papierowa figurka origami.

Dlatego jeśli fizyka i matematyka nie są twoimi najmocniejszymi stronami, nie ma powodów do obaw. Bo może się okazać, że przysłużysz się nauce i badaniu kosmosu, zajmując się dyscypliną z pozoru niemającą z kosmosem nic wspólnego. Wystarczy pokombinować!



Oto ilustracja lądowania Philae na komecie 67P autorstwa Liz. Gdy powstawała, sonda Rosetta była oddalona od komety o miliony kilometrów i nikt nie wiedział, jak naprawdę wygląda powierzchnia 67P. Gdybyśmy wtedy poszukali rysunku powierzchni komety w Google, znaleźlibyśmy ilustracje przedstawiające gładkie lodowe połacie. Po rozmowach z naukowcami Liz zdecydowała, że powierzchnia nie będzie lodowata, ale bardzo ciemna, pokryta czymś w rodzaju pyłu węglowego, z wieloma skarpami i kraterami. Była to wizja niezwykle kontrowersyjna i niektórym naukowcom nie podobała się ta ilustracja.

Wróćmy do misji Rosetta. Powiem szczerze, że lądowanie na komecie jest piekielnie skomplikowane. Istnieje tak wiele zmiennych i niewiadomych, że głowa boli. Do tego dochodzą niekończące się i bardzo gorące dyskusje między naukowcami a inżynierami, którzy mają prawdziwy konflikt interesów. Bo tak: naukowcom, którzy proponują zrealizowanie danej misji, zależy na jak najdokładniejszych informacjach, które po przeanalizowaniu

powiększą naszą wiedzę o wszechświecie. Dlatego chcą wysłać sondę lub posadzić lądownik w najciekawszym z ich punktu widzenia miejscu. Ale za zbudowanie sondy i zorganizowanie całego przedsięwzięcia odpowiadają inżynierowie, którzy wiedząc, jak skomplikowana i niebezpieczna jest misja od startu rakiety aż po lądowanie, wolą minimalizować ryzyko i wylądować w miejscu bezpiecznym, płaskim, bez dolin, górek, pęknięć i gejzerów, które mogłyby uszkodzić lądownik. Tym bardziej że przecież lądujemy na oślep na obiekcie oddalonym od Ziemi o miliony kilometrów.

Naukowcy mówią na przykład: zatrzymamy się tutaj, bo jest tu ciekawie i lądownik może trafić na ten ogromny pęknięty głaz czy szczelinę prowadzącą do podskórnego jeziora.

A inżynierowie ripostują: nie, wylądujemy tam, bo tam jest płasko i sucho, czyli najbezpieczniej.

Naukowcy: może i jest bezpiecznie, ale też nieciekawie. Po co wysyłać kosztującą miliardy dolarów sondę w miejsce, w którym nie znajdzie nic interesującego? Trzeba ją wysłać tam, gdzie coś się dzieje.

Inżynierowie: a po co wysyłać kosztującą miliardy dolarów sondę w miejsce tak niebezpieczne, że może od razu ulec zniszczeniu?

Takie przekomarzanie się trwa często tygodniami, bo przecież liczy się opinia każdej osoby zaangażowanej w projekt, w dodatku każda z tych osób ma rację! Ja tymczasem próbuję pogodzić jednych i drugich, zrobić coś, by obie strony były zadowolone.

Zadanie

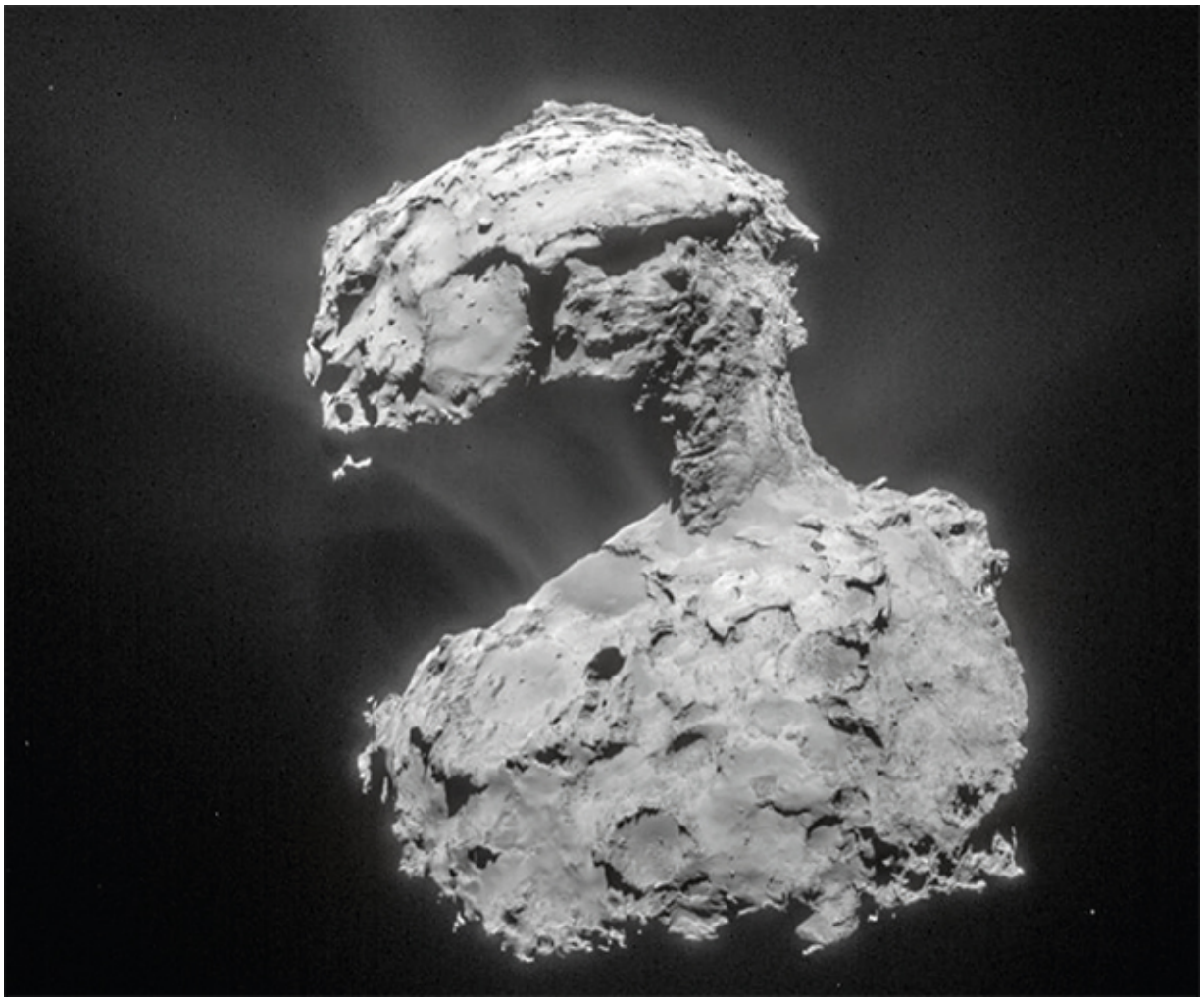
Spójrz na zdjęcie komety 67P. Jak ci się wydaje, gdzie chcieli wylądować naukowcy, a gdzie inżynierowie?

Następnie przyjrzyj się zdjęciu na końcu tego rozdziału. Czy potrafisz wypatrzyć lądownik ze statku Rosetta krążącego wokół komety 67P?

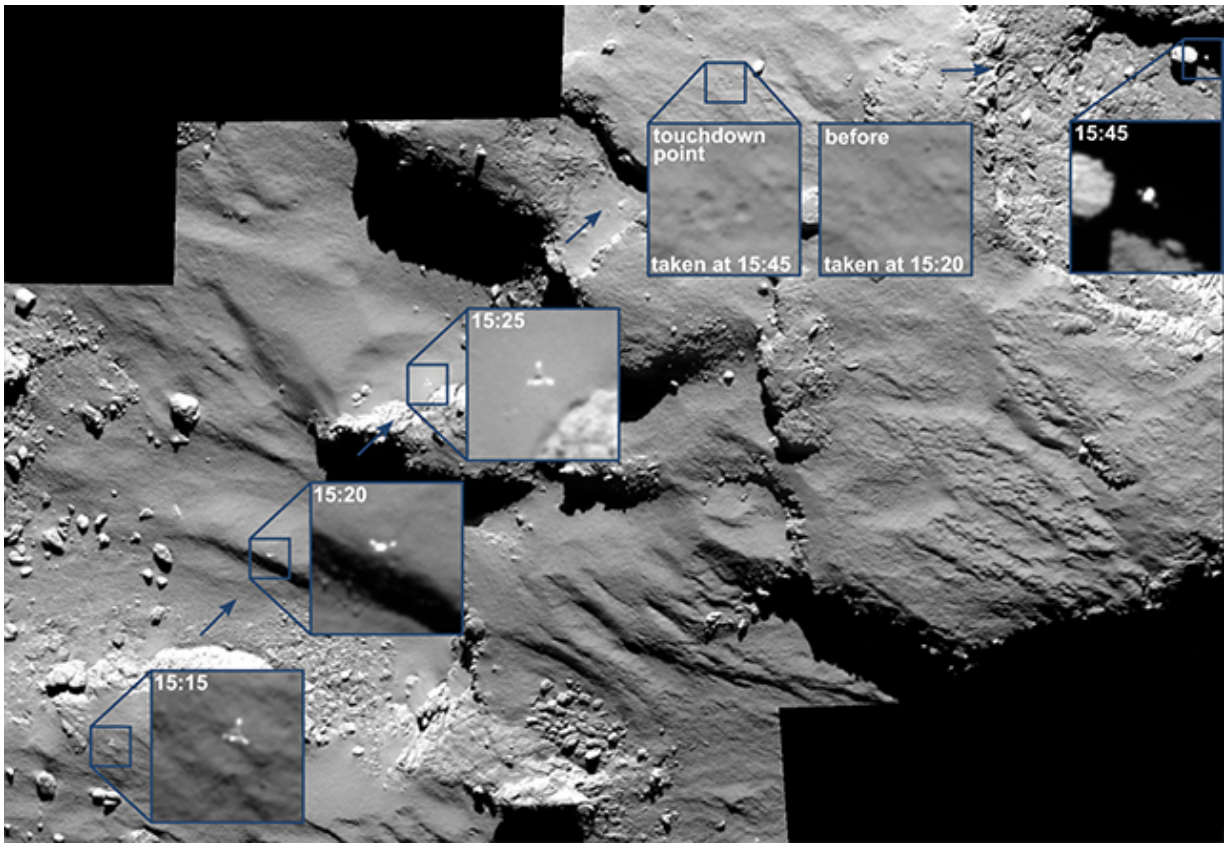
Kiedy już udało nam się ustalić, gdzie powinniśmy posadzić lądownik, należało wymyślić, jak tego dokonać – tym bardziej że mieliśmy umieścić obiekt w miejscu o niemal zerowym przyciąganiu. Niby niska grawitacja jest pomocna, bo przy takim przyciąganiu lądownik opada na powierzchnię jak kartka papieru, a nie wbija się w nią jak pocisk. Problem w tym, że trudno go na niej utrzymać, bo nic go nie ciągnie w dół.

Jeśli obejrzysz filmy z Międzynarodowej Stacji Kosmicznej, gdzie żyje się w tak zwanej mikrograwitacji, zobaczysz, że dowolny nieprzymocowany przedmiot wystarczy dotknąć, by zaczął się przemieszczać. Tak samo byłoby w tym wypadku. Po zetknięciu z jądrem komety lądownik po prostu odskoczyłby od jej powierzchni i cała misja poszłaby na marne. Aby tak się nie stało, w chwili gdy lądownik dotknąłby komety, automatycznie miały wystrzelić z niego dwa harpuny, które wbiłyby się w podłoże. Żeby samo wystrzelenie harpunów nie odbiło lądownika w przeciwnym kierunku, wykorzystując prawo akcji i reakcji, jednocześnie na jego szczycie miała się odpalić malutka rakieta, która przycisnęłaby lądownik do powierzchni. Wykonanie takiego manewru przypominało posadzenie biedronki na pocisku wystrzelonym z karabinu. Było nawet trudniejsze, bo pocisk wystrzelony z karabinu leci cztery razy wolniej niż kometa… Mimo to udało się! W 2014 roku Philae stał się pierwszym dziełem człowieka, które dotarło na kometę!

W sali kontroli lotów inżynierowie żartowali, że wylądowaliśmy nie raz, ale aż trzy razy! Dlaczego? Dowiedzieliśmy się, że po dziesięciu latach, które minęły od startu rakiety z sondą Philae na pokładzie do jej lądowania, zepsuł się mechanizm odpowiedzialny za uwolnienie harpunów i te nie wystrzeliły. Ponieważ Philae ważył tyle, ile duży człowiek, ale przy niemal zerowej grawitacji zachowywał się jak mała moneta, to lądownik odbił się od powierzchni i poleciał w bok. Sunął tak przez kilometr, aż uderzył w bok krateru i niczym kula bilardowa znów odbił się w innym kierunku. Po kilku odbiciach i koziołkach spoczął pod głazem. Wypatrzenie go tam z orbity zajęło nam półtora roku! Jeśli więc kiedyś zostaniesz astronautą i wylądujesz na komecie, uważaj na siebie. Astronauta może się wybić i odlecieć z komety, nawet gdy po prostu kichnie.

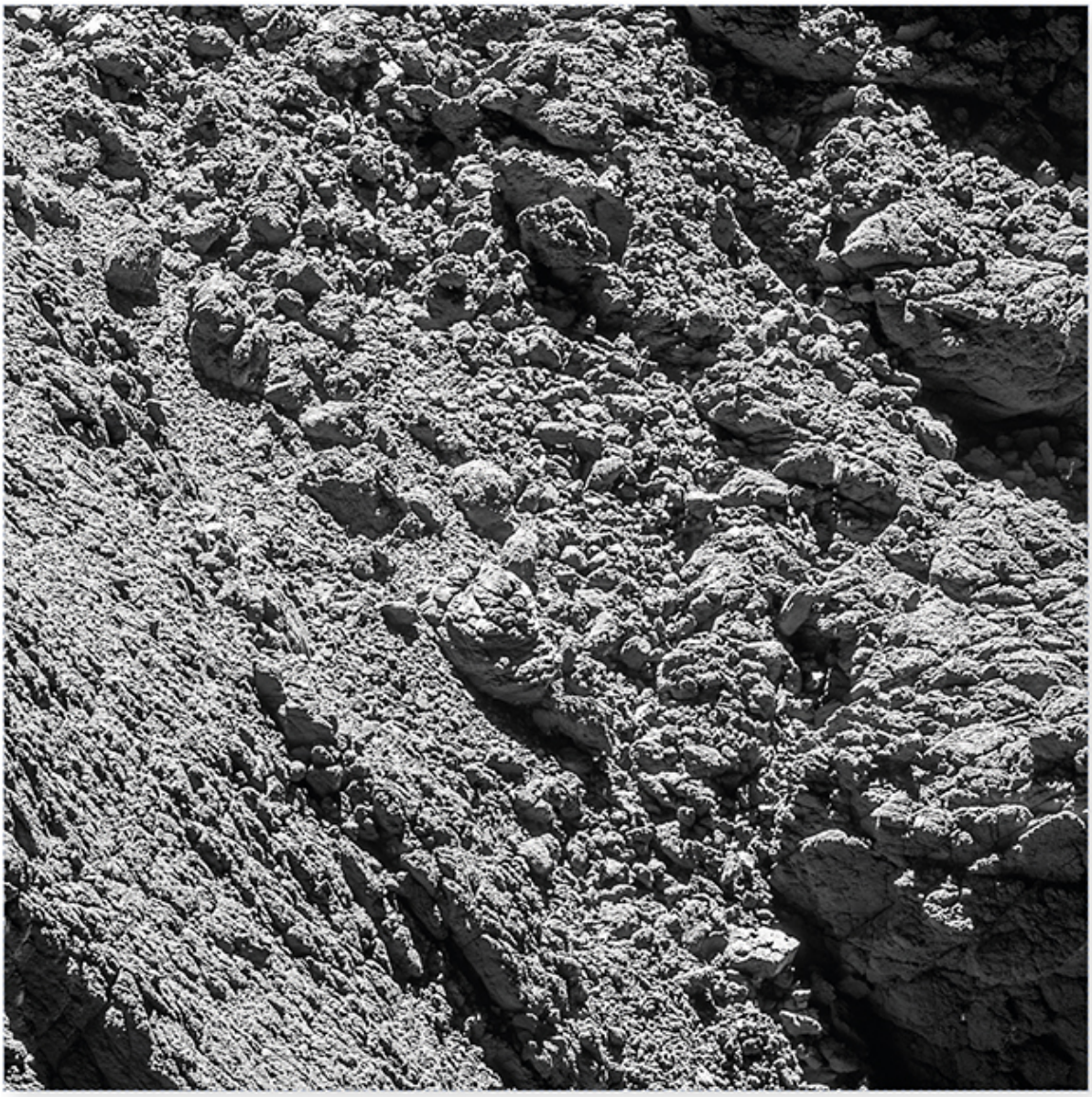


Kometa 67P sfotografowana przez statek Rosetta. Jak sądzisz, gdzie postanowiliśmy wylądować?



To nie jest jedno zdjęcie, ale mozaika zrobiona z **sześciu fotografii wykonanych przez teleskop znajdujący się na pokładzie Rosetty krążącej nad kometą 67P**. Tych sześć zdjęć pokazuje lot lądownika Philae wypuszczonego z Rosetty w kierunku miejsca lądowania. Pierwsze zdjęcie, oznaczone czasem 15.14, pokazuje lądownik zbliżający się do powierzchni. Dobrze widać jego trzy nogi. Pięć sekund później lądownik leci dalej i można zauważyć, że nogi trochę się obróciły. Cztery sekundy później, dokładnie o godzinie 15.23, Philae przelatuje nad gładkim miejscem, idealnym do lądowania. Niestety wszystkie te zdjęcia docierały do kontroli lotu ESA w Darmstadt po 30 minutach, bo kometa była wtedy bardzo daleko. Nie mogliśmy nim sterować na żywo. Nie mieliśmy kontroli nad Philae po wypuszczeniu go z Rosetty. O godzinie 15.43 dostrzegliśmy miejsce, w którym wylądował. Ale chwileczkę… gdzie on jest na tym zdjęciu? Widać trzy małe otwory zrobione przez jego nogi, ale lądownika tam nie ma! Jak to? Gdzie się schował? Wyjaśniło to dopiero zdjęcie po prawej stronie. Lądownik odbił się od powierzchni i pomknął poza zasięg kamery, a my szukaliśmy go przez półtora roku.

Dopiero młody operator wypatrzył go na poniższym zdjęciu. Philae przeleciał prawie dwa kilometry, po czym ukrył się przed naszym wzrokiem.



Da się zauważyć jego kadłub i dwie nogi. **Gdzie schował się Philae?** Odpowiedź znajdziesz na końcu książki.

Rozdział czwarty

DLACZEGO INŻYNIER SADZI DRZEWA I CO Z TYM WSZYSTKIM WSPÓLNEGO MA PRZYRODA

Przyglądałaś lub przyglądałeś się kiedyś pszczołom, które mozolnie i metodycznie zbierają pyłek z kwiatów? Czy wiesz, że aby wyprodukować kilogram miodu, pszczoły muszą odwiedzić cztery miliony kwiatów? Wybierz się do parku lub na łąkę i przyjrzyj się tym malutkim owadom, które są znakomitym przykładem dla przyszłego inżyniera. W wyniku wielu zmian i modyfikacji pszczoły wykształciły rodzaj koszyczków, do których zbierają pyłki i propolis, nawet ich wzrok i węch ukształtowane są w taki sposób, by jak najlepiej odnajdywać barwne kwiaty pełne pokarmu. Owady te idealnie dostosowały się do środowiska, w którym żyją, a w dodatku są świetnymi architektami, opierającymi swoje konstrukcje na zasadach matematyki. I to nawet tej matematyki nie znając!

Otóż pszczoły przez miliony lat istnienia wykombinowały, co należy zrobić, by ich gniazda były odporne na zgniatanie i czynniki atmosferyczne. Tworzą je ze ścianek połączonych w sześciokąty, takich jak łatki na piłce do nogi.

W NASA wzorujemy się na pszczołach, projektując i łącząc ścianki statków kosmicznych. W końcu należy się uczyć od najlepszych. Żeby pszczoły się nie obraziły, że ukradliśmy ich wynalazek, nazywamy te ścianki po angielsku *honeycomb*, czyli „plaster miodu”.

W NASA
wzorujemy się na pszczołach, projektując i łącząc ścianki statków kosmicznych. W końcu należy się uczyć od najlepszych. Żeby pszczoły się nie obraziły,

Dobry inżynier obserwuje naturę, bo wymyśla ona i testuje nowe wynalazki już od 3,8 miliarda lat, czyli od czasu, gdy na Ziemi powstało życie. Właśnie dlatego, gdy mój zespół miał zaprojektować orbitujący teleskop wielkości stadionu narodowego – który oczywiście był za duży, by wykonać go ze szkła lub aluminium –

że ukradliśmy ich wynalazek, nazywamy te ścianki po angielsku *honeycomb*, czyli „plaster miodu”.

zaczęliśmy obserwować skrzydła owadów, ptaków, żywopłoty, pajęczyny, czyli różne trwałe i wytrzymałe konstrukcje natury. Miały nam podpowiedzieć, jak skonstruować coś, co jest bardzo lekkie, a równocześnie wyjątkowo wytrzymałe. Naturo, pomóż! Zdałem sobie wtedy sprawę, że dawno temu, w szkole podstawowej, popełniłem ogromny błąd. Z chęcią uczyłem się fizyki i matematyki, ale nie interesowałem się wystarczająco biologią. Żałuję, bo teraz byłbym lepszym inżynierem i lepiej wykorzystywałbym rozwiązania podsuwane przez przyrodę.

Kiedy byłem mały, tata często zabierał mnie i moją siostrę do parku w Powsinie, po czym dawał nam zagadki do rozwiązania. Pytał, dlaczego liście różnych drzew mają odmienne kształty i jak to wpływa na ich sposób spadania. Albo dlaczego na górnej stronie liście są sztywne i jakby pokryte woskiem, a po wewnętrznej stronie delikatne. Dziś wiem, że w górnej części blaszki, tej błyszczącej, jest wiele chloroplastów (czyli ciałek zieleni występujących w roślinach) pochłaniających światło słoneczne niezbędne do fotosyntezy (czyli odżywiania się roślin dzięki energii słonecznej oraz pobieranym z powietrza i wody składnikom; produktem ubocznym fotosyntezy jest tlen), a w dolnej – wiele szparek umożliwiających pochłanianie dwutlenku węgla. Każdy liść to bardzo skomplikowany wytwór natury.

Razem z tatą podglądaliśmy też ptaki i na podstawie kształtu i wielkości ich dziobów próbowaliśmy zgadnąć, czym się żywią. A gdy czasami trafiliśmy na mrowisko, trudno było mnie oderwać od obserwowania jego pracowitych mieszkańców. Wiesz, dlaczego maleńkie mrówki potrafią budować wielkie mrowiska? Ponieważ są podzielone na odpowiednie „brygady”, które ściśle ze sobą współpracują. Tylko dzięki współpracy

można pokusić się o tworzenie rzeczy większych od nas. Przypomniałem to sobie, gdy zostałem inżynierem w JPL, jednym z rzeszy specjalistów, którzy aby wysyłać sondy w odległe kosmiczne lokalizacje, muszą umieć dzielić się zadaniami i współdziałać z innymi, tworząc zgrany zespół. Zupełnie jak mrówki razem budujące mrowisko.

W JPL stale uczymy się, co należy robić, by umieć się ze sobą skutecznie komunikować, koncentrować się na problemie i nie odpływać myślami mimo zmęczenia. Mamy specjalne zajęcia – zupełnie takie jak w szkole – na których uczymy się, jak zachowywać się miło i uprzejmie wobec współpracowników, uważnie ich słuchać i pracować w dobrej atmosferze, nawet jeśli za kimś nie przepadamy. To konieczne, bo podczas konstruowania każdego statku kosmicznego, sondy czy łazika współdziałają setki osób. Aby wykonać zadanie, musimy być zgraną drużyną, nie wolno nam unikać tych, których mniej lubimy, albo nie słuchać kogoś, do kogo chowamy urazę. Przecież gdybyśmy nie umieli się dogadać, bylibyśmy jak źle złożony instrument badawczy, który zamiast zbierać informacje, wariuje i przesyła błędne dane.

Można roztrwonić wiele miliardów dolarów tylko z tego powodu, że dwoje ludzi zwyczajnie się nie lubi. Dlatego bardzo ważne jest, żeby uczyć się nie tylko fizyki, chemii i programowania, ale także tego, jak rozmawiać z koleżankami i kolegami, jak się zachowywać, by nas lubili i chcieli z nami spędzać czas. Nie daj sobie wmówić, że w życiu trzeba stawiać tylko na siebie. Trzeba stawiać na drużynę, bo samotny badacz w tych czasach niczego nie osiągnie.

Wróćmy do tych wspaniałych spacerów, które odbywałem z tatą po parku w Powsinie. Dziś wiem, że były to najlepsze lekcje, jakie kiedykolwiek odebrałem. Dzięki nim dowiedziałem się, że nic nie istnieje

przypadkiem, że wszystko jest właśnie takie, jakie jest, bo widocznie najlepiej spełnia warunki potrzebne do działania.

Wszystko, co widzimy dookoła – każdy przejaw życia na Ziemi, otaczające nas wspaniałe rośliny i zwierzęta – powstało w wyniku EWOLUCJI. Dotyczy to również nas, ludzi. Uświadomiłem sobie, jak ważne w pracy inżyniera jest podglądanie natury, gdy po studiach przeniosłem się do Kalifornii, aby podjąć pracę w Jet Propulsion Laboratory. Zwiedzając Pasadenę, trafiłem do starej biblioteki ukrytej w pięknym ogrodzie botanicznym, który nazywa się Huntington Botanical Gardens. W tej bibliotece tuż obok Biblii Gutenberga, czyli pierwszej wydrukowanej przez człowieka książki, obok dzieł Kopernika, Galileusza i wielu innych naukowców przechowywana jest praca *O powstawaniu gatunków* Karola Darwina. Darwin zauważył, że każdy gatunek istniejący na Ziemi jest udoskonaloną wersją gatunku wcześniejszego, a zmieniające się warunki zewnętrzne – temperatura, dostęp do wody, możliwość znalezienia pożywienia – wpływają na zmiany zachodzące w organizmach żywych i powodują ich nieustanne doskonalenie się. A zatem ewolucja to taki inżynier, który nieustannie dopasowuje swój projekt do potrzeb życia w konkretnym środowisku. Wniosek płynący z tej obserwacji jest bardzo ważny. Sprowadza się do tego, że żaden projekt nie jest ostatecznie skończony. Również my, ludzie, nieustannie się zmieniamy. Na przestrzeni wieków zmianom uległy nasz wzrost, budowa ciała, kolor skóry i możliwości naszych mózgów. To wszystko jest wynikiem ciągłego dostosowywania się do środowiska, w jakim żyjemy.

Jednak czasem można to odwrócić i dostosować środowisko do potrzeb życia. Konkretnego życia. Na przykład… bananowca.

Jestem zapalonym tenisistą. Dzielę tę pasję z najbliższymi: z żoną i dwoma synami. Mamy nawet kort tenisowy przy domu. Ale kalifornijskie

słońce sprawia, że niełatwo się tam gra. Pomyślałem, że przydałoby się nieco cienia. Może jakiś krzak lub drzewo, które osłoniłoby nas przed palącym słońcem?

– Bananowiec. Powinniśmy zasadzić bananowca – zadecydowała moja żona. – Banany mają dużo potasu, który jest potrzebny, by uniknąć skurczów mięśni podczas gry.

Kupiłem malutkiego bananowca, posadziłem i już cieszyłem się na smaczne owoce, gdy… umarł. Nie przetrwał. Posadziłem więc kolejną sadzonkę, ale historia się powtórzyła, bo w Kalifornii panuje klimat śródziemnomorski, a nie tropikalny, taki, jaki lubią banany. Zacząłem czytać na ten temat, by poznać przyczynę niepowodzeń. Dowiedziałem się, że bananowiec wcale nie jest drzewem ani krzakiem, jak mi się wydawało, ale byliną. Poza tym potrzebuje dużo wilgoci i musi rosnąć w temperaturze nie niższej niż 15 stopni Celsjusza. Tymczasem Kalifornia jest raczej sucha, tu deszcz pada tylko na początku roku przez miesiąc lub dwa, w dodatku powietrze w ciągu dnia jest rozgrzane, lecz noce bywają chłodne, temperatura może wynosić zaledwie kilka stopni Celsjusza powyżej zera. A zatem znalazłem błąd w systemie: chciałem uprawiać roślinę w warunkach jej niesprzyjających. Mogłem albo zmienić roślinę, albo warunki, w jakich rośnie. Uznałem, że jako inżynier, który od lat zajmuje się projektowaniem mechanizmów dla najtrudniejszych misji kosmicznych, nie mogę się poddać przy zwykłym bananowcu! Wiedziałem, że wystarczy pokombinować.

Mój bananowiec. Jeżeli się dobrze przyjrzysz, zobaczysz trzy kiście bananów. Widzisz tylko jedną lub dwie? Popatrz jeszcze raz. Na dole, pod bananami, na długiej łodydze znajduje się kwiat banana. Można zrobić z niego smaczną sałatkę lub – po wysuszeniu – pyszną herbatę. Zielona ściana na drugim planie przejmuje ciepło słońca i ogrzewa korzenie, którym dzięki temu wydaje się, że rosną na Karaibach.

Wziąłem się z problemem za bary. Najpierw postawiłem ściany z grubych betonowych cegieł, pomalowałem je na ciemnozielono, żeby nie odbijały promieni słonecznych, i doprowadziłem do nich wodę, by po nich ściekała. W ciągu dnia ściany nagrzewały się na słońcu, obmywająca je woda parowała, tworząc przychylne, wilgotne środowisko dla bananowca. Za to w nocy rozgrzane w ciągu dnia ściany oddawały ciepło, sprawiając, że temperatura w pobliżu rośliny nie spadała poniżej przyjemnych 15 stopni Celsjusza. I tym sposobem… mam własne banany!

Opowiadam o tym, żeby ci uświadomić, że bycie inżynierem to nie tylko fach, zawód, ale przede wszystkim sposób myślenia nastawiony na

rozwiązywanie problemów.

Zdarza się, że w JPL stajemy przed zadaniem, którego nie sposób porównać z żadnymi dotychczasowymi problemami kosmicznymi, nie dysponujemy też wystarczającą liczbą danych. Wtedy staramy się rozwiązać cały problem od początku do końca w głowie. Nazywa się to *thought experiment*, czyli eksperyment myślowy. Z takich eksperymentów chętnie korzystali wielcy fizycy. Stephen Hawking eksperymentował w myślach z czarnymi dziurami, a Erwin Schrödinger w jednym ze swoich myślowych eksperymentów zamknął w pudełku kota i doszedł do wniosku, że zwierzak jest jednocześnie żywy i martwy. Gdy projektowaliśmy ogromną orbitującą antenę, która miała sfotografować czarną dziurę, a także inne superlekkie struktury, takie jak żagle kosmiczne, naukowcy z mojej ekipy przeprowadzali rozmaite eksperymenty myślowe, żeby zrozumieć fizykę ultralekkich materiałów w kosmosie. Nie mieli innego wyjścia – na Ziemi nie ma bowiem takiego laboratorium, w którym można by przetestować zachowanie na przykład płachty folii grubości jednego atomu srebra i wielkości trzy na trzy kilometry.

Wyobraźnia jest bardzo ważna. Pomaga nam zrozumieć rzeczy, które czasami trudno jest pojąć, gdy patrzy się tylko na wyliczenia matematyczne. Możesz spróbować samodzielnie rozwiązać jakiś problem w wyobraźni.

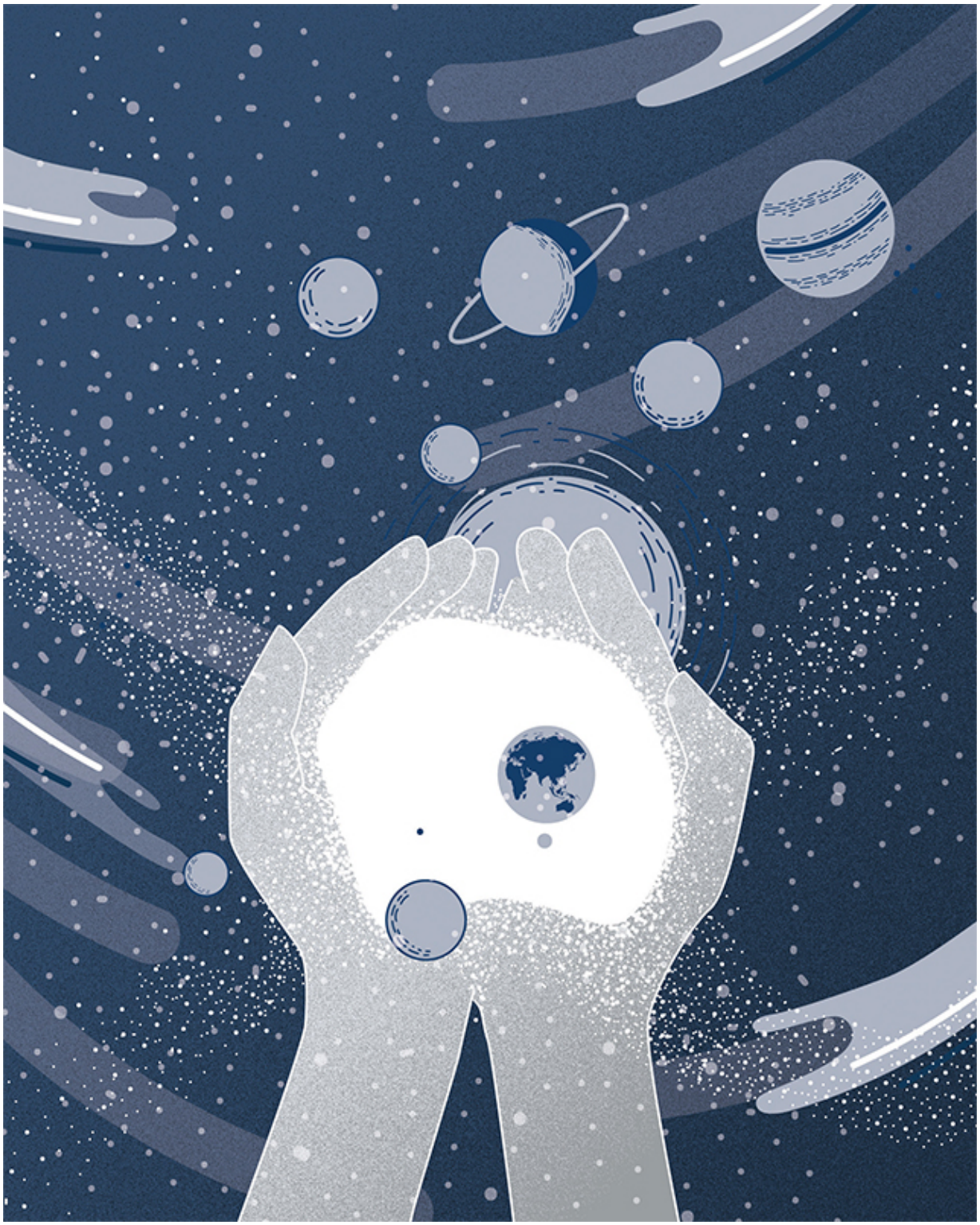
Zadanie

Wyobraź sobie, że masz zbudować jak najwyższą platformę, na której szczycie utrzyma się moneta pięciozłotowa. Tyle że możesz ją wykonać wyłącznie z nieugotowanego makaronu i taśmy klejącej. Dysponujesz 20 nitkami spaghetti, każda o długości około 20 centymetrów. Zamknij oczy i zacznij sobie wyobrażać, jak zbudować taką wieżę. Jak będzie wyglądała podstawa? Czy ma być trójkątna czy kwadratowa? Jak skleisz ją taśmą? Musisz to sobie wyobrazić ze szczegółami.

Teraz, gdy masz podstawę, zastanów się, w jaki sposób przymocujesz do niej kolejne nitki. Czy znów ułożysz je w kwadrat lub trójkąt, a może w kilka trójkątów? Gdzie nitki makaronu będą się stykać i jak je skleić? Jak zbudujesz czubek platformy, który utrzyma monetę?

Zbuduj w głowie całą wieżę i przypatrz się jej dokładnie w myślach, od stołu aż do monety na górze. Podpowiem, że to ćwiczenie przyda ci się za jakiś czas.

taśma klejąca
20 nitek makaronu
5 zł



Rozdział piąty

JAK WYGLĄDA KOSMITA?

Zanim zaczniemy się zastanawiać, jak wygląda kosmita, musimy odpowiedzieć na podstawowe pytanie: czy w ogóle istnieją jacyś kosmici? Czy w tym ogromnym, niezmierzonym kosmosie jest jeszcze jakieś życie poza tym, które narodziło się na Ziemi?

Nawet sobie nie wyobrażasz, jak często muszę rozmawiać o kosmitach. Gdy tylko ktoś, z kim się spotykam, słyszy, że pracuję w NASA, od razu chce się dowiedzieć, czy w kosmosie rozwinęło się życie, czy gdzieś ukształtowała się obca cywilizacja.

Przyznam, że nie widzę żadnego, nawet najmniejszego powodu, dla którego życie miałoby się rozwinąć tylko na Ziemi. Wcale nie jesteśmy wyjątkowi i idę o zakład, że kiedyś natrafimy zarówno na proste formy życia, takie jak bakterie, jak i te złożone, jak rozumne istoty.

A dlaczego do tej pory nie zetknęliśmy się z żadną cywilizacją, nie widzieliśmy latających nad naszymi głowami statków kosmicznych, a na Ziemi nie wylądowała żadna sonda przysłana przez mieszkańców obcej planety? Ponieważ kosmos jest olbrzymi, a nam udało się zbadać ledwie jego maleńką, wręcz tycią część. Gdyby porównać kosmos do oceanu, to zdołaliśmy zaledwie zaczerpnąć z niego szklankę wody. Twierdzenie, że nie ma obcych cywilizacji, jest jak patrzenie na tę szklankę wody i mówienie: nie wierzę w istnienie wielorybów, przecież żadnego tu nie ma!

Tymczasem kosmos jest naprawdę olbrzymi. Tylko w naszej Galaktyce istnieje ponad 100 miliardów gwiazd, a planet orbitujących wokół tych gwiazd może być kilkadziesiąt razy więcej. Pamiętajmy przy tym, że nasza Galaktyka jest jedną spośród miliardów galaktyk w całym niezmierzonym wszechświecie. Kiedyś do JPL często przyjeżdżał z odczytami pewien

mądry astronom Carl Sagan. Pewnego razu powiedział, że w kosmosie jest więcej gwiazd niż ziaren piasku na wszystkich plażach na Ziemi.

Kiedy będziesz na plaży, weź do ręki garść piasku. Ile ziaren może tam być? Tysiąc? Pięć tysięcy? Więcej? A teraz rozejrzyj się wokół, zauważ, jak ogromna jest plaża, i pomyśl, ile takich plaż musi być na świecie i ile tworzy je ziaren piasku. Kosmos jest właśnie taki wielki. A nawet jeszcze większy.

Ludzie zawsze chcieli uważać, że odgrywają szczególną rolę w kosmicznej układance, że jesteśmy wyjątkowi i jedyni. Kiedyś nawet sądzono, że Ziemia jest samym centrum wszechświata, a kto tak nie uważał, musiał się mylić. Ale 500 lat temu pojawił się pewien astronom z Torunia – pewnie wiesz, jak się nazywał. Stwierdził, że to Słońce, nasza gwiazda, mieści się pośrodku, a planety, w tym Ziemia, krążą po jego orbitach. Później pojawili się kolejni astronomowie, którzy nie tylko potwierdzili, że Ziemia nie leży w centrum świata, ale w dodatku zaobserwowali i wyliczyli, że nasz Układ Słoneczny jest zaledwie jednym z milionów takich układów w naszej Galaktyce, czyli Drodze Mlecznej. Jeszcze później okazało się, że nasza Galaktyka wcale nie jest jedyna, bo takich skupisk są kolejne miliardy. I spośród tych miliardów miejsc tylko tutaj miałoby narodzić się życie?

Tylko w naszej Galaktyce

istnieje ponad 100 miliardów gwiazd, a planet orbitujących wokół tych gwiazd może być kilkadziesiąt razy więcej. Pamiętajmy przy tym, że nasza Galaktyka jest jedną spośród miliardów

Ostatnia szansa dowiedzenia naszej wyjątkowości: życie istnieje wyłącznie na Ziemi, bo tylko tutaj są oceany. W dodatku nasza planeta otoczona jest atmosferą, z której czerpiemy tlen i która sprawia, że temperatura na Ziemi utrzymuje się na poziomie sprzyjającym rozwojowi różnych form życia. Ziemia ma też pole magnetyczne, które chroni nas przed skutkami promieniowania

galaktyk w całym niezmierzonym wszechświecie.

kosmicznego. No i znajduje się w takiej odległości od Słońca, że nie jest nam ani za ciepło, ani za zimno. Jak nic jesteśmy unikatowi!

A guzik, wcale nie jesteśmy. Niemal codziennie, dzięki zdjęciom wykonywanym przez kosmiczne i ziemskie teleskopy, odnajdujemy nowe planety spoza Układu Słonecznego. W JPL mamy specjalną tablicę elektroniczną pokazującą, ile takich planet udało się już odkryć. I wierz mi, cyfry przeskakują na niej naprawdę szybko. Pokazuje nawet liczbę planet mieszczących się w tak zwanej ekosferze, czyli mających właściwości podobne do ziemskich (ostatnio było ich 26). Nie ma powodów, dla których nie mogłoby tam powstać życie.

Na tę tablicę patrzę codziennie, gdy wjeżdżam windą do głównego budynku. Cyfry się zmieniają, w miarę jak zostają odkryte planety krążące wokół innych gwiazd niż Słońce. Widać, że to stare zdjęcie, bo pokazuje 3774 planety, a w momencie pisania tej książki, to jest w maju 2020 roku, jest tych planet już 4260. Na 26 spośród nich panują warunki podobne do tych na Ziemi i tam potencjalnie może istnieć życie.

Poza tym oceanów – bo to w oceanach narodziło się życie na Ziemi – na różnych planetach i księżycach jest mnóstwo. Tylko w naszym Układzie Słonecznym oceany wodne znajdują się na księżycach Jowisza: Europie, Ganimedesie i Kallisto, księżycach Saturna: Enceladusie, Dione i Tytanie, a także na obiektach z Pasa Kuipera: Trytonie, Plutonie i Charonie. Tyle że są to oceany znajdujące się pod powierzchnią planety, jakby nakryte skorupą. Tytan dodatkowo pokryty jest jeziorami, choć nie wypełnia ich woda, ale płynny metan i etan. Jak więc widzisz, nie mieszkamy w jakimś wyjątkowym zakątku wszechświata – miejsc podobnych do Ziemi jest całe mnóstwo. I jakoś trudno byłoby mi uwierzyć, że życie pojawiło się tylko tutaj. Powiem więcej: uważam, że to niemożliwe abyśmy byli sami w całym wielkim, niezmierzonym kosmosie.

W książkach o odkryciach geograficznych, gdy jacyś podróżnicy trafiają na plemię mieszkające głęboko w dżungli, tubylcy zawsze okazują się bardzo zaskoczeni, kiedy dowiadują się, że nie są jedynymi mieszkańcami Ziemi; gdy odkrywają, że przybysze są inaczej ubrani, posługują się innym językiem, mają inny kolor skóry, włosów, oczu. My też, jeśli będziemy chcieli stawiać na swoją wyjątkowość, będziemy kiedyś takimi dziwiącymi się wszystkiemu mieszkańcami dżungli, którzy uważali, że świat kończy się za horyzontem.

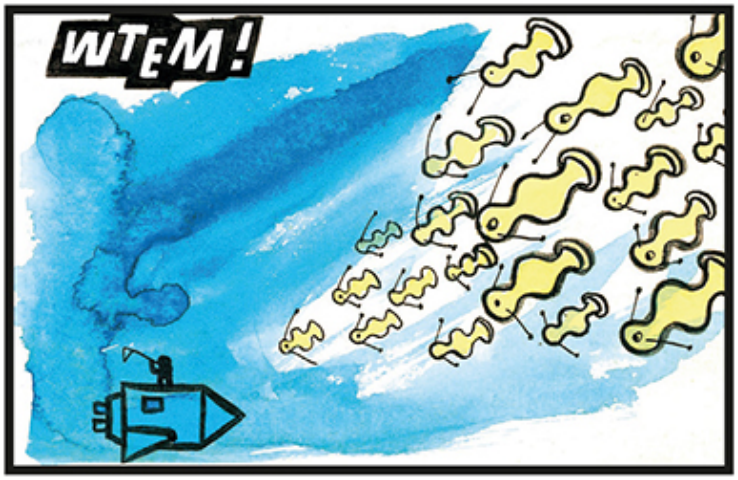
Tak zwykle wyglądają **kosmici w filmach Hollywood**. Zielona skóra, duże oczy, małe usta i koniecznie chude palce. Naprawdę, po scenarzystach kasowych produkcji spodziewałbym się większej wyobraźni, a przede wszystkim większej wiedzy. Prawdziwi kosmici będą się od nas bardzo różnić. Ich wygląd zależy od warunków na ich planecie i od czasu ewolucji. My 3,8 miliarda lat temu byliśmy bakteriami, a 600 tysięcy lat temu wyglądaliśmy jak małpy. **Jak my będziemy wyglądać za 100 tysięcy lat, a co dopiero jak dziwnie mogą wyglądać przybysze z odległego kosmosu?**

Dlatego jestem przekonany, że nie należy zastanawiać się nad tym, czy kosmici istnieją. Istnieją z całą pewnością, tylko są gdzieś bardzo daleko. Dalej niż obecnie możemy to ustalić. Ale kto wie, czego kiedyś dokonasz i jak daleko w kosmos zdołasz się wybrać! Może to właśnie ty doprowadzisz

do pierwszego kontaktu między Ziemianami a przedstawicielami obcej cywilizacji?

Skoro już wiemy, że kosmici gdzieś tam są, to zastanówmy się, jak mogą wyglądać. Czy są podobni do nas, czy może zupełnie nas nie przypominają? Jak wygląda ich ciało? Jest miękkie i wypełnia je krew, jak u ludzi, czy może przypomina kamień lub gąbkę? W filmach hollywoodzkich kosmici niemal zawsze wyglądają tak samo. Mają długie palce, zazwyczaj tylko trzy, ich głowy osadzone są na wyjątkowo długich i cienkich szyjach, mają oczy jaszczurek i zieloną skórę. Czy naprawdę tak będą wyglądali wszyscy kosmici? Na pewno nie! Ta wizja Hollywood to kompletna bzdura. Ewolucja dostosowuje wygląd kosmity do jego otoczenia, a przede wszystkim do grawitacji, atmosfery, temperatury i składu chemicznego planety. A te są różne w różnych miejscach.

Od najmłodszych lat spotykałem się z fantastycznymi postaciami rysowanymi przez mojego tatę. W jego wyobraźni narodził się na przykład Lunaszek, czyli zwierzątko księżycowe mnożące się przez najmniejszą wspólną wielokrotność. W ciągu dnia oglądałem rysunki taty, a wieczorami patrzyłem w rozgwieżdżone niebo, zastanawiając się, czy jeśli jest tam życie, to czy kosmici przypominają ludzi. Czy chodzą na dwóch nogach, a może mają skrzydła i latają? Są niscy, wysocy, a może żyją pod wodą i oddychają za pomocą skrzeli? Wtedy jeszcze nie wiedziałem, że to warunki środowiska wpływają na to, jak rozwija się żywy organizm.



Rysunki mojego taty, Papcia Chmiela, wyglądają jak czysta fantazja – Kosmoczki, Lunaszki… Gwarantuję, że gdy kiedyś pokonamy niesamowite dystanse kosmosu i spotkamy się z prawdziwymi kosmitami, to będą oni wyglądać jeszcze bardziej fantastycznie.

A czy człowiek, mieszkaniec Ziemi, mógłby wyglądać zupełnie inaczej? Na przykład mieć cztery metry wzrostu i oddychać uszami?

Nie wiem, jak z oddychaniem uszami, ale przy ziemskim ciążeniu nie ma szansy, aby przedstawiciele naszego gatunku byli wysocy jak drzewa. Ale gdybyśmy się narodzili na Marsie, moglibyśmy być znacznie wyżsi, konkretnie 2,6 raza wyżsi. Oznaczałoby to, że najwyżsi koszykarze świata, którzy mierzą po dwa metry i więcej, mieliby około sześciu metrów wzrostu!

Nie trzeba jednak Marsjan, by zrozumieć, jak różnie ukształtowaliśmy się ze względu na miejsce, w którym przyszło nam żyć. Na przykład rdzenni mieszkańcy koła podbiegunowego czują się dobrze w środowisku Alaski, Grenlandii czy Syberii, gdzie zimą temperatura spada aż 30 stopni Celsjusza poniżej zera, a latem nieczęsto podskakuje powyżej 10. Dzięki wiekom powolnych zmian ewolucyjnych dopasowali się do tych z pozoru nieprzyjaznych warunków.

Za to w Indonezji mieszka lud Bajau. Jego przedstawiciele żywią się głównie tym, co da im morze. Są znakomitymi nurkami, potrafią bez żadnej butli tlenowej czy dodatkowego ekwipunku nurkować na głębokość 10 metrów i więcej. Schodzą tak głęboko i absolutnie nic złego im się nie dzieje, chociaż ty i ja, gdybyśmy to zrobili bez przygotowania i butli tlenowej, z pewnością skończylibyśmy w szpitalu.

Kiedyś przekonałem się na własnej skórze, czym jest dostosowanie do życia w konkretnych warunkach. Wybrałem się do Boliwii, która leży wysoko w górach, Andach, w Ameryce Południowej. Jechałem autobusem do położonej na wysokości około czterech kilometrów nad poziomem morza stolicy państwa – La Paz. Jeszcze z autobusu dostrzegłem hotel, w którym miałem się zameldować. Był zaledwie 50 metrów od przystanku. Jak wiele czasu zajęłoby wam przejście 50 metrów? Minutę? Mnie zabrało to ponad godzinę! Wcale nie dlatego, że droga była kręta lub stroma albo że miałem ciężkie bagaże. Zadziałała wysokość. Na wysokości czterech kilometrów powietrze jest rozrzedzone, a do płuc dociera znacznie mniej tlenu, który nam, ludziom, jest niezbędny do życia. Organizmy Boliwijczyków są do tych warunków świetnie dostosowane i mieszkańcy La Paz mogą na takiej wysokości spacerować, biegać, funkcjonować dokładnie tak jak my na nizinach. Ale ja nie byłem dostosowany. Musiałem przystawać i odpoczywać po każdych kilkunastu krokach, a po pokonaniu kilkunastu metrów usiadłem i chyba przysnąłem na parę minut. Można powiedzieć, że przekonałem się na własnej skórze, czym jest dostosowanie się do środowiska.

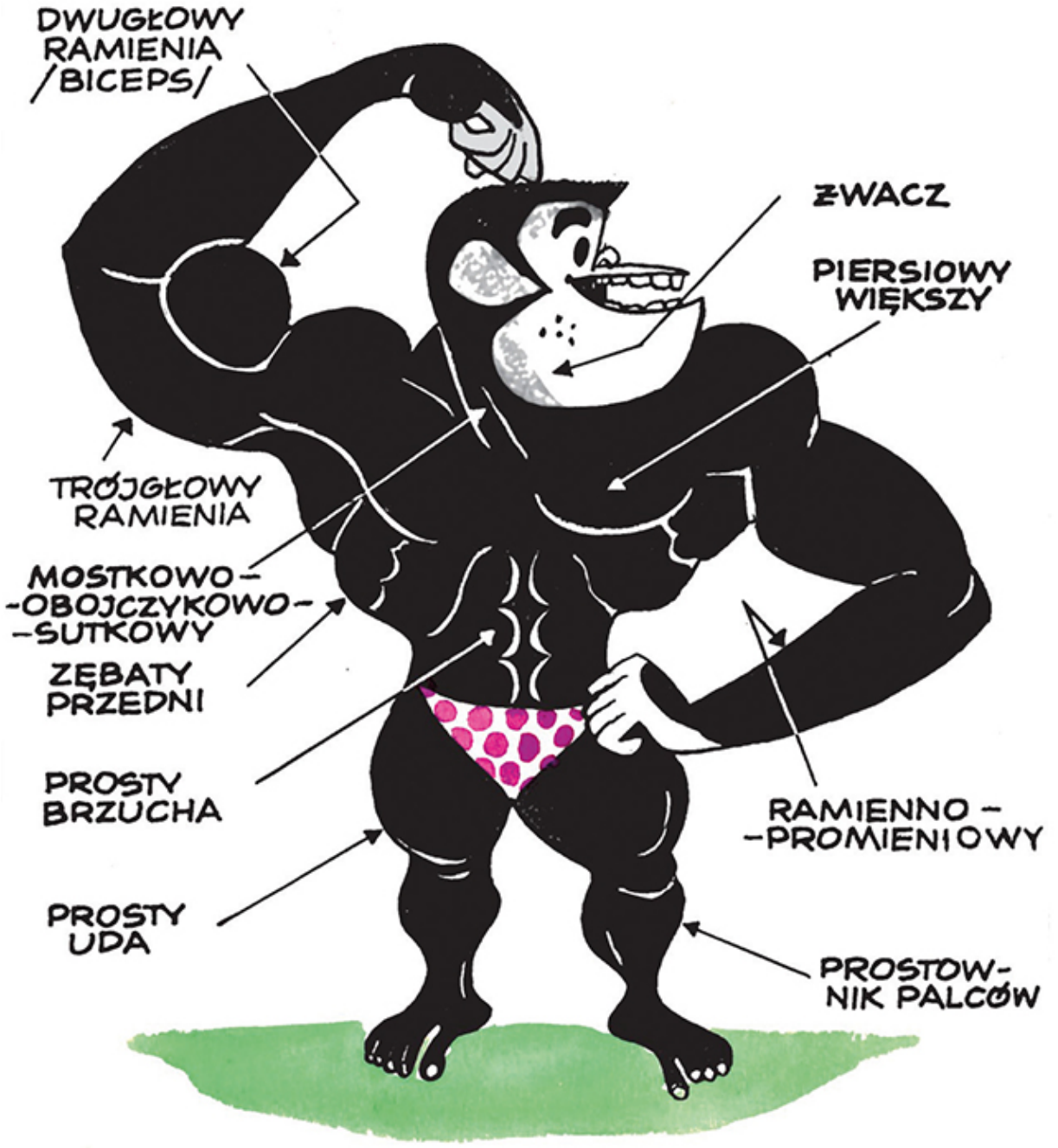
Zadanie

Spójrz na rysunki wykonane przez mojego tatę, czyli Papcia Chmiela, autora słynnego komiksu *Tytus, Romek i A'Tomek*. Poprosiłem tatę, żeby narysował mi szympansa Tytusa, który wyewoluowałby na poszczególnych planetach. Wytłumaczyłem, jak na każdej z nich grawitacja, atmosfera i światło wpłynęłyby na zmianę wyglądu. Tata dobrze uchwycił główne zmiany anatomii Tytusa, ale też zrobił sporo błędów. Co narysował poprawnie, a co jeszcze w anatomii Tytusa zmieniłaby ewolucja? Przypatrz się ilustracjom i spróbuj znaleźć odpowiedź. Rozwiązanie znajdziesz na końcu książki.

Oto Tytus w proporcjach ziemskich z moim synem Lucasem.

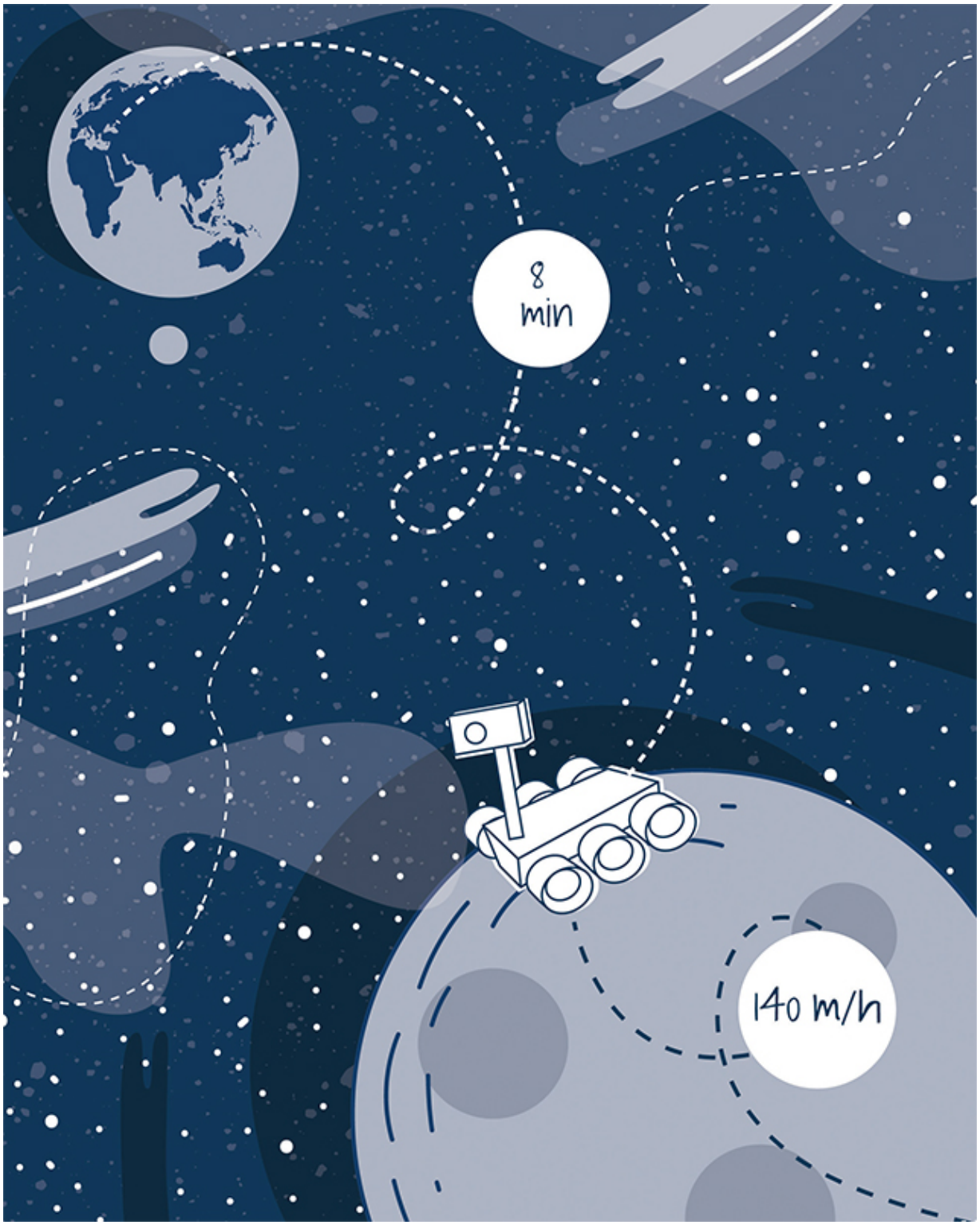
To **Tytus z Jowisza**. Jowisz nie ma powierzchni stałej, tylko atmosferę, która gęstnieje w miarę zbliżania się do środka planety. Nie można się zagłębić w nią za bardzo, bo panujące tam ciśnienie zmiażdży wszystko, nawet metal. Znajdź co najmniej cztery błędnie dodane części ciała, których nie miałby Tytus latający w atmosferze Jowisza.

Ten **Tytus żyłby na Europie**, a raczej w Europie. Nie można żyć na powierzchni Europy, bo nie ma tam ochrony przed promieniowaniem kosmicznym, które na Ziemi jest odbijane przez ziemskie pole magnetyczne. Dlatego jedyną szansą na przetrwanie na tym lodowym księżycu jest zamieszkanie pod grubą taflą lodu, pod którą znajduje się ocean. Co Papcio Chmiel narysował dobrze, a co źle? Znajdź co najmniej cztery części ciała, które powinny wyglądać inaczej.



Tytus żyje na planecie Proxima Centauri b. Gwiazda Proxima Centauri jest oddalona od nas o 4,24 roku świetlnego. Jest to dystans, jaki światło poruszające się z prędkością niemal 300 tysięcy kilometrów na sekundę przebywa przez ponad cztery lata! Z prędkością, z jaką obecnie latają nasze statki kosmiczne, dolecielibyśmy do Proxima Centauri w 27 tysięcy lat. Jedyna szansa, aby tam dotrzeć, to zaokrętowanie się na statku mieście, którego mieszkańcy tworzyliby rodziny i dopiero któreś z kolejnych pokoleń wylądowałoby wreszcie na Proxima Centauri. Ta planeta

ma przyciąganie o 30 procent większe niż Ziemia i jest tam bardzo zimno, około minus 39 stopni Celsjusza. **Jak wyglądaliby potomkowie Tytusa, którzy żyliby na Proxima Centauri?**


8
min
140 m/h

Rozdział szósty

DLACZEGO PO JPL JEŹDZI MARSJAŃSKI STRACH NA WRÓBLE

Czy wiesz, z jaką prędkością porusza się po Marsie łazik Curiosity? 20, 30 kilometrów na godzinę? A może jeździ tak szybko jak bolidy F1, rozwijając prędkość ponad 300 kilometrów na godzinę? Nic z tych rzeczy – Curiosity jest wolny jak żółw, przemieszcza się z prędkością zaledwie 140 metrów na godzinę! Dlaczego? Ponieważ jest sterowany z Ziemi przez ludzi. To oni, przyglądając się przesyłanym przez niego zdjęciom, określają, czy ma jechać do przodu, w prawo lub w lewo, zbadać jakiś kamień albo pobrać próbkę. Ta międzyplanetarna wymiana informacji trwa długo. Sygnał wysłany z Marsa potrzebuje aż ośmiu minut, aby dotrzeć na Ziemię. Kiedy zostanie odebrany, nawigujący łazikiem ludzie muszą ocenić nadesłaną wiadomość, podjąć decyzję, co w dalszej kolejności powinien zrobić łazik, po czym wysłać komendę. To wszystko trwa przynajmniej pół godziny, a często dłużej. Jeśli zatem łazik poruszałby się szybciej, mógłby wpaść do dziury, zanim ktokolwiek na Ziemi by to przewidział, a tym bardziej zdążył zareagować!

Aby rozwiązywać problemy Curiosity, trzymamy w JPL stracha na wróble. Naprawdę. Pamiętasz książkę *Czarnoksiężnik z krainy Oz*? Byli tam przeróżni bohaterowie: Blaszany Drwal bez serca, Tchórzliwy Lew oraz właśnie Strach na Wróble, któremu brakowało mózgu. Zupełnie jak naszemu marsjańskiemu strachowi na wróble, z którego wyciągnęliśmy całą elektronikę – czyli właśnie mózg łazika – zostawiając tylko strukturę mechaniczną odpowiedzialną za poruszanie się. Domyślasz się, po co cała ta operacja? Podpowiem, że i tym razem chodzi o ciążenie.

Oto **bliźniak Curiosity**, który w JPL znajduje się w tak zwanym Mars Yard. Przeprowadzamy tam wszystkie testy trudnych warunków, z jakimi Curiosity może się spotkać na Marsie. Jak widzisz, ten łazik ma kable, kamery, komputery i czujniki. Jego kolejny brat – strach na wróble – chował się tego dnia w małym białym garażu widocznym z tyłu.

Otóż strach na wróble pomaga nam rozwiązywać problemy z kołami łazika. Jeśli coś dzieje się z kołami Curiosity na Marsie, to samo robimy z kołami naszego stracha na wróble i próbujemy znaleźć sposób, by wszystko znów działało właściwie. Ale żeby rozwiązanie mogło zadziałać, musi być dostosowane do wagi łazika, która łączy się z naporem wywieranym na podłoże. Aby wszystkie parametry pozostawały zgodne, nasz strach na wróble musi być 2,6 raza lżejszy niż jego brat bliźniak na Marsie. I właśnie

dlatego pozbawiliśmy go mózgu – aby go nieco odciążyć oraz aby nacisk na koła pojazdu tutaj i na Marsie był zawsze taki sam.

Każdy łazik zbudowany w JPL i wysłany na Marsa ma swojego bliźniaka w naszym laboratorium. Miał go też Oppy, najdzielniejszy łazik w historii, który pomógł nam zrozumieć, dlaczego łaziki marsjańskie żyją znacznie dłużej, niż zakładaliśmy.

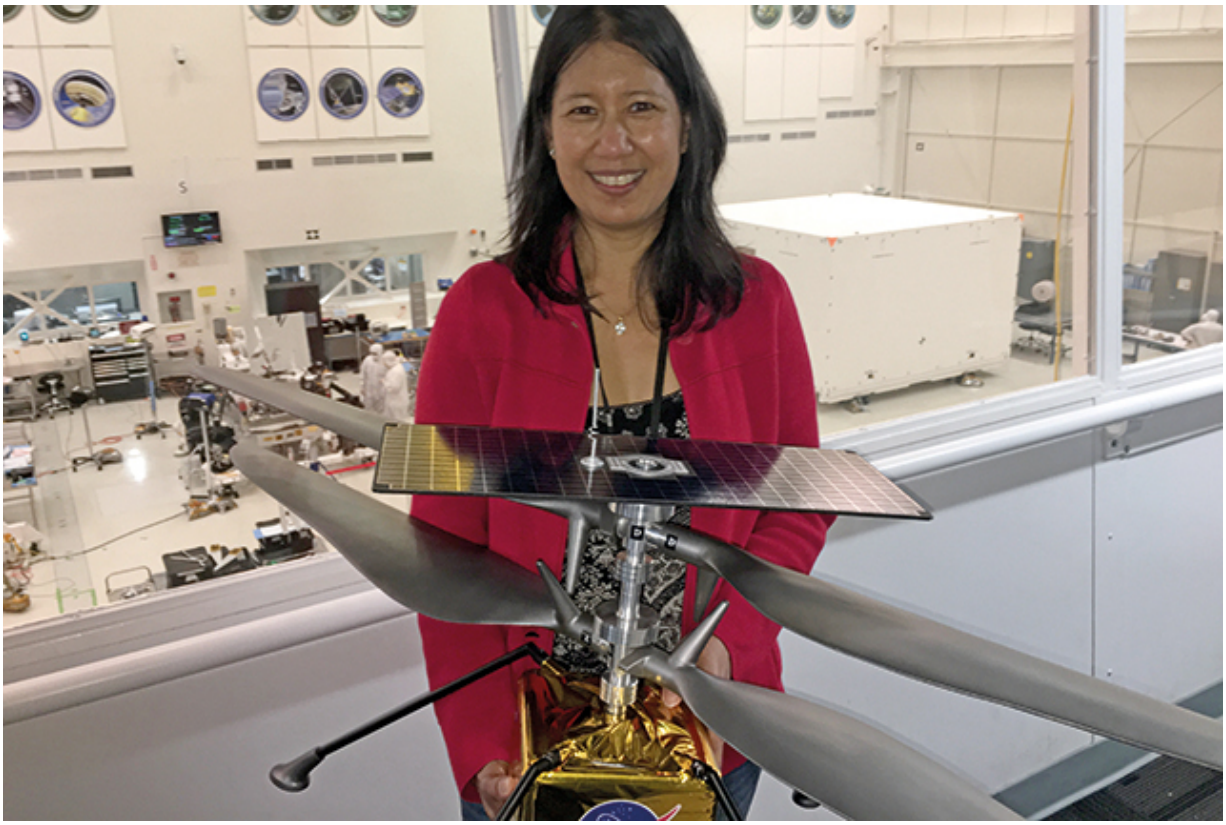
Każda sonda, którą wysyłamy w kosmos – a łazik to typ sondy – jest zbudowana tak, by działała przez określony czas. Wspomniany łazik Opportunity (czyli właśnie Oppy) miał działać przez 90 dni, a pracował przez 15 lat! Nie mieliśmy pojęcia, skąd ta różnica między obliczeniami a faktycznym czasem pracy, ale wskazał nam ją sam łazik.

Oppy został wyposażony w program detekcji zmian na zdjęciach. Brzmi poważnie, prawda? Spróbuję to rozjaśnić. Otóż każdy łazik wykonuje setki tysięcy zdjęć. Tak naprawdę robi zdjęcie za zdjęciem, po czym wszystkie je wysyła na Ziemię. W JPL jesteśmy nimi wprost zalewani. Gdyby każde zostało wydrukowane, to brodzilibyśmy w nich po kolana! Przez to wszystko czasem trudno nam dostrzec zmiany zachodzące na kolejnych fotografiach. Jeden z moich kolegów, Steve, wymyślił więc program komputerowy, który ma wynajdywać zmiany na zdjęciach jeszcze przed wysłaniem ich na Ziemię. To właśnie ten program pomógł nam odkryć, dlaczego łaziki, które miały jeździć po Marsie przez kilka miesięcy, działają wiele lat.

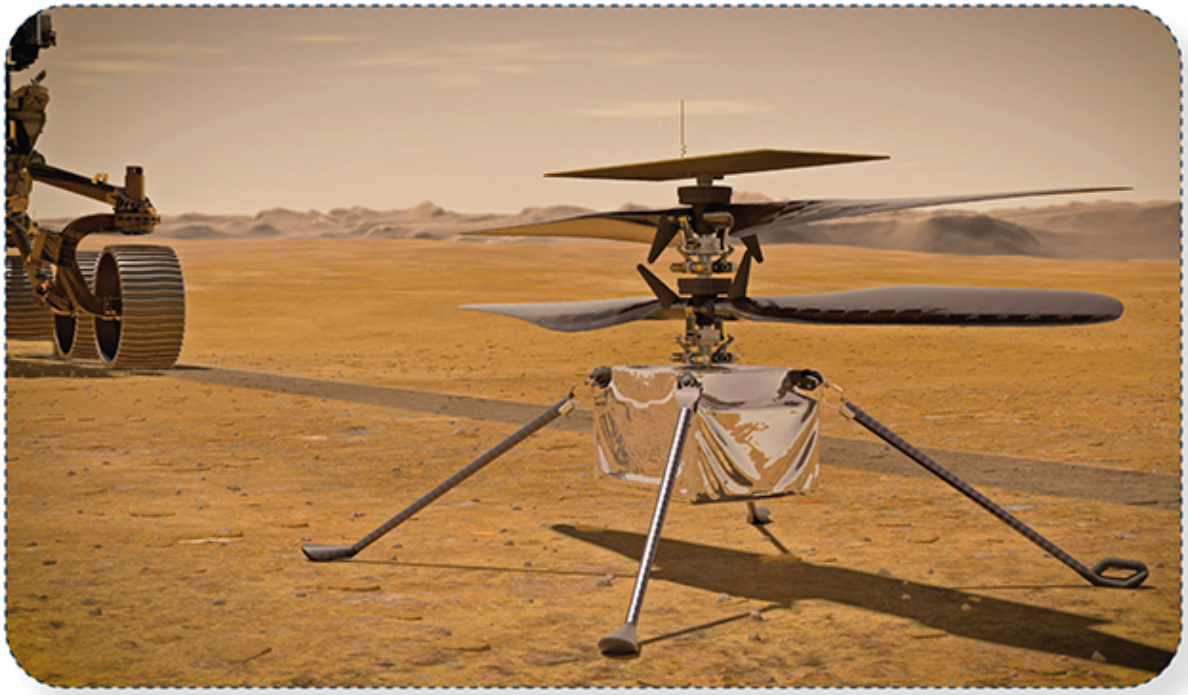
Masz jakiś pomysł? Podpowiem, że na Czerwonej Planecie regularnie zdarzają się burze piaskowe, które nie tylko utrudniają łazikom poruszanie się, ale też pokrywają warstwą pyłu ogniwa słoneczne zasilające sondę. A bez prądu nie jest ona w stanie działać, zbierać danych i przesyłać ich na Ziemię. Staje się bezużyteczna i zamarza. Od początku wiedzieliśmy, że nie

wyślemy na Marsa astronauty, który będzie biegał za łazikami z miotłą i oczyszczał je z piasku. Okazało się, że wcale nie musimy, bo natura zrobiła to za nas. Dzięki programowi detekcji zmian na zdjęciach spostrzegliśmy, że na Marsie często tworzą się maleńkie trąby powietrzne – kilku- lub kilkunastocentymetrowe wiry wiatrowe, które jeśli natkną się na łazik, działają jak odkurzacz i oczyszczają jego panele słoneczne. Właśnie dlatego Oppy przesyłał dane przez całe 15 lat zamiast tylko przez 90 dni.

W lipcu 2020 roku, wraz z nowym łazikiem Perseverance, na Marsa poleciał pierwszy w historii kosmiczny helikopter. To naprawdę wielka sprawa! Był to helikopter testowy, jednak trwają prace nad następnymi modelami, a raczej ich chmarą. Takie helikoptery będą mogły wlecieć w naturalne rozpadliny, do marsjańskich jaskiń, obejrzeć stoki marsjańskich wzgórz i dostać się wszędzie tam, gdzie łazik nie może. Wyobraź sobie, ile nowych informacji nam przekażą! Może zbadają, czy latem na Marsie pojawiają się rzeki, co sugerują zdjęcia wykonane przez marsjański orbiter. Albo pomogą znaleźć najwłaściwsze miejsce do stworzenia pierwszej osady na Czerwonej Planecie. Jestem bardzo podekscytowany. Szczególnie że będę pracować nad nowym projektem razem z MiMi, fantastyczną panią inżynier, która wymyśliła i skonstruowała marsjański helikopter. (Tak, ma dwie duże litery w swoim imieniu).



MiMi trzyma model helikoptera, który będzie latał wokół łazika Perseverance i informował go, gdzie może bezpiecznie jechać.



Domyślasz się, dlaczego marsjański helikopter jest niesamowity? Bo aby móc latać, potrzebne jest powietrze. To dzięki niemu samoloty i helikoptery są zasysane w górę i utrzymują się ponad powierzchnią Ziemi. Długo byliśmy przekonani, że cienka marsjańska atmosfera nie pozwoli na przemieszczanie się w powietrzu. Jednak MiMi zdołała obliczyć, jakie parametry powinien mieć helikopter, by poradzić sobie na Marsie.

Teraz uczę się od niej, bo kolejna misja, do której mnie zatrudniono, polega na budowie roju maleńkich helikopterów, które wyślemy na Marsa około 2030 roku. MiMi jest bardzo skromna i skupiona na swojej pracy, nie lubi się przechwalać, choć ma czym. Pochodzi z Azji, z Mjanmy, a jej mama jest pierwszą Mjanmanką, która obroniła doktorat z matematyki. MiMi, podobnie jak ja, jest menedżerem projektów kosmicznych w JPL, a także bardzo pomysłową panią inżynier.

Jedna czwarta pracowników NASA to kobiety, ale już niedługo będzie ich znacznie więcej, bo połowa. Obecnie wiele dziewczyn studiuje

inżynierię, biologię i astronomię, mnóstwo interesuje się kosmosem. To fantastyczna wiadomość, bo razem możemy szybciej osiągnąć więcej. W JPL nauczyliśmy się, że żadne zebranie dotyczące nowych projektów nigdy nie powinno się odbywać bez udziału kobiet. Po pierwsze, rozważają one więcej propozycji, po drugie – lepiej oceniają budżet projektu. I potrafią tworzyć zespoły. NASA oficjalnie zdecydowała, że pierwszym człowiekiem, który postawi stopę na Marsie, będzie właśnie kobieta.

Rozdział siódmy

DLACZEGO NIE KAŻDA ŁÓDŹ PODWODNA MUSI PŁYWAĆ POD WODĄ

Gdy byłem przedszkolakiem, uwielbiałem podczas kąpieli bawić się łódkami. Nie mogłem zrozumieć, dlaczego niektóre przedmioty, takie jak mydło, toną w wodzie, a inne, jak gąbka albo właśnie łódka, pływają po powierzchni. Po latach oczywiście dowiedziałem się, że istnieje coś takiego jak prawo Archimedesa i siła wyporu, która wynosi tyle, ile ciężar płynu wypartego przez zanurzające się ciało. Brzmi zawile? Spróbujmy prościej: ciało, które zanurzamy w płynie, traci na wadze tyle, ile wynosi ciężar płynu przez nie wypartego. Możesz to zaobserwować samodzielnie. Wystarczy, że weźmiesz miskę, nalejesz do niej wody, zaznaczysz na ściance miski, na jakiej wysokości znajduje się lustro wody, po czym zaczniesz wkładać do niej różne przedmioty. Zapisuj wyniki i sprawdzaj, które przedmioty toną, a które unoszą się na powierzchni. Oto prawo Archimedesa w praktyce.

Archimedes był wielkim matematykiem żyjącym prawie 2300 lat temu. Zgodnie z legendą odkrył siłę wyporu, gdy sługa nalał mu do wanny za dużo wody: gdy Archimedes w niej usiadł, ta zaczęła się wylewać! Nie wiem, czy to prawda, ale ja w dzieciństwie prowadziłem własne eksperymenty z siłą wyporu – również bardzo często zachlapując przy tym łazienkę. Chciałem skonstruować łódź podwodną, tyle że… zupełnie mi to nie wychodziło. Kleiłem łódki z papieru, które po zanurzeniu nabierały wody i szły na dno. Aby temu zapobiec, próbowałem zaklejać ich brzegi taśmą klejącą, ale to też nie przynosiło pożądanych rezultatów. Wreszcie zamieniłem papier na plastik. Było lepiej, moje nowe łodzie podwodne nie nabierały wody i nie tonęły, kłopot w tym, że nie chciały też pływać pod wodą, tylko podrygiwały radośnie na jej powierzchni. Dotarło do mnie, że są za lekkie, więc próbowałem je czymś obciążyć. Wkładałem do środka

plastelinę, starając się metodą prób i błędów określić taką jej ilość, która sprawi, że łódź się zanurzy, lecz nie pójdzie na dno. Trwało to całymi tygodniami. Do dziś nie mam pojęcia, czy rodzice wiedzieli, dlaczego tak uwielbiałem się kąpać i spędzałem w wannie tak dużo czasu, aż woda robiła się zupełnie zimna.

Nie przypuszczałem wtedy, że wiele lat później, gdy będę już dorosłym człowiekiem, a nawet ojcem dwóch całkiem dużych chłopców, ponownie przyjdzie mi się zmierzyć z tematem łodzi podwodnych, czy też raczej: podmetanowych.

Tytan
jest wyjątkowy. Jego krajobraz przypomina ten ziemski, są tam nawet góry i jeziora, tylko nie są to jeziora pełne wody, ale płynnego metanu i etanu. Jest tam też bardzo gęsta atmosfera, przez którą do powierzchni księżyca dociera niewiele światła słonecznego.

Na czym właściwie polega główna misja NASA? Czy jest to budowanie łazików marsjańskich? A może wystrzeliwanie w niebo potężnych rakiet kosmicznych, wynoszących statki mające za zadanie zbadanie innych ciał niebieskich? Lub wysyłanie ludzi na orbitę Ziemi, na Księżyc, a kiedyś na Marsa i dalej? No tak, to wszystko jest całkiem istotne, ale służyć ma jednemu celowi: życiu. Zarówno poprawie naszego życia tutaj, na Ziemi, jak i poszukiwaniom życia pozaziemskiego. I niedługo, bo już w 2026 roku, sonda NASA wybierze się w miejsce, w którym jego istnienie jest prawdopodobne. Proste związki chemiczne mogą tworzyć tam złożone aminokwasy, z których w sprzyjających warunkach może kiedyś powstać życie. Tym miejscem jest jeden z księżyców Saturna – Tytan.

Tytan jest wyjątkowy. Jego krajobraz przypomina ten ziemski, są tam nawet góry i jeziora, tylko nie są to jeziora pełne wody, ale płynnego metanu i etanu. Jest tam też bardzo gęsta atmosfera, przez którą do powierzchni księżyca dociera niewiele światła słonecznego. Pamiętasz, jak

rozmawialiśmy o tym, jak wyglądaliby kosmici w zależności od tego, gdzie by się narodzili? A więc ci z Tytana mogliby latać. Byliby jak ptaki z małymi skrzydełkami, bo gęstość atmosfery na Tytanie jest większa niż na Ziemi.

Dzięki danym, które wysłała nam sonda Cassini– –Huygens, wiemy, że warunki na Tytanie podobne są do tych, które panowały na Ziemi jakieś cztery miliardy lat temu, czyli w czasach, gdy rodziło się pierwotne życie. Jak być może wiesz, pierwsze żywe organizmy narodziły się w wodzie, przy podmorskich kominach geotermalnych wyrzucających z głębi planety mnóstwo pierwiastków. Te łączyły się w coraz bardziej skomplikowane struktury, aż wreszcie pojawiły się pierwsze organizmy jednokomórkowe.

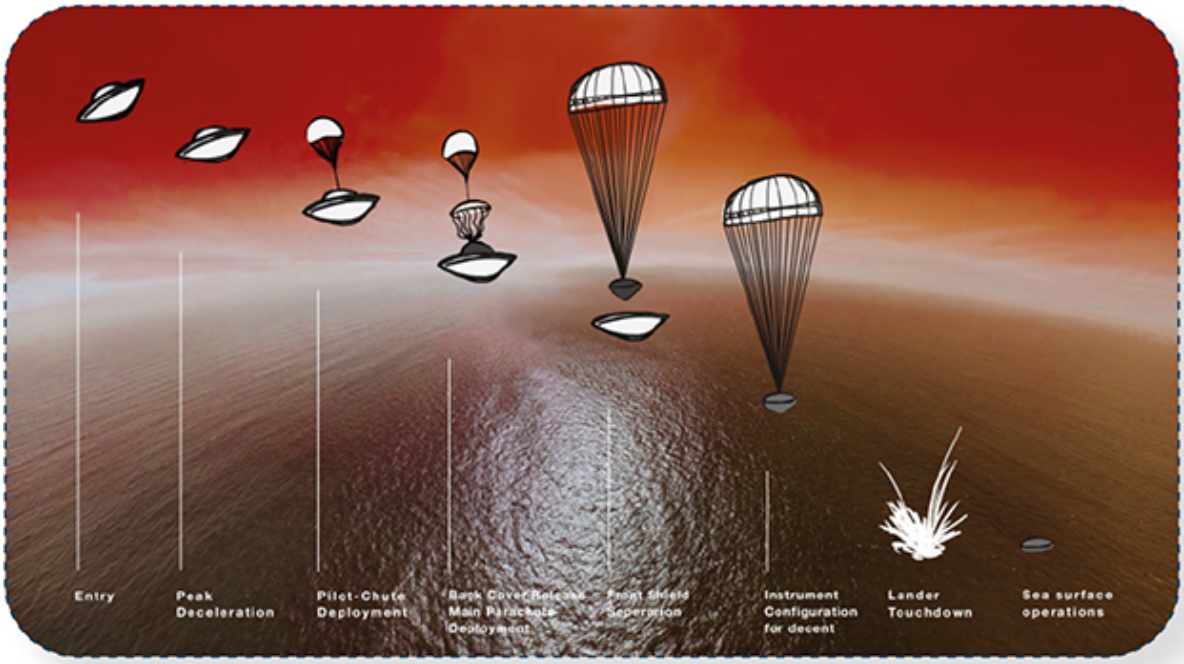
Na Tytanie sprawy mają się nieco inaczej. Tam związki chemiczne, z których mogą powstawać długie łańcuchy węglowodanów będących podstawą do tworzenia aminokwasów i białek – czyli „cegiełek", z których powstaje życie – spadają z nieba. A gdyby trafiły do wody, to niewykluczone, że podobnie jak stało się to na Ziemi – narodziłoby się życie.

Dzięki drobiazgowej pracy wielu różnych naukowców wiemy, że do powstania życia potrzebne są trzy główne elementy:

- woda w stanie ciekłym – nie lód, nie para wodna, tylko woda, w której można pływać;
- energia – w przypadku Ziemi jest to energia słoneczna, ale w innych miejscach w przestrzeni kosmicznej może pochodzić na przykład z jądra planety lub księżyca;
- węglowodany, które są zarówno budulcem ciała, jak i jego pożywieniem.

Właśnie dlatego naukowcy są tak podekscytowani, gdy gdzieś w kosmosie udaje się odkryć wodę w stanie ciekłym. Wiemy, że pod skorupami Tytana, Enceladusa i Trytona jest woda. I to woda, którą od góry chroni lód, będący świetną barierą przed zabójczym promieniowaniem kosmicznym. W dodatku te księżyce pulsują, przez co wytwarzają od wewnątrz dużo ciepła.

W jaki sposób? Już wyjaśniam. Orbity księżyców są eliptyczne, czyli wyglądają jak spłaszczone koło. Księżyce to zbliżają się do planety, to się od niej oddalają, a grawitacja gazowych olbrzymów powoduje, że te sporej wielkości ciała niebieskie deformują się w czasie tego obiegu jak ściskana w rękach piłka. I właśnie to ugniatanie wytwarza w jądrze księżyców ciepło, czyli energię niezbędną żywym organizmom.



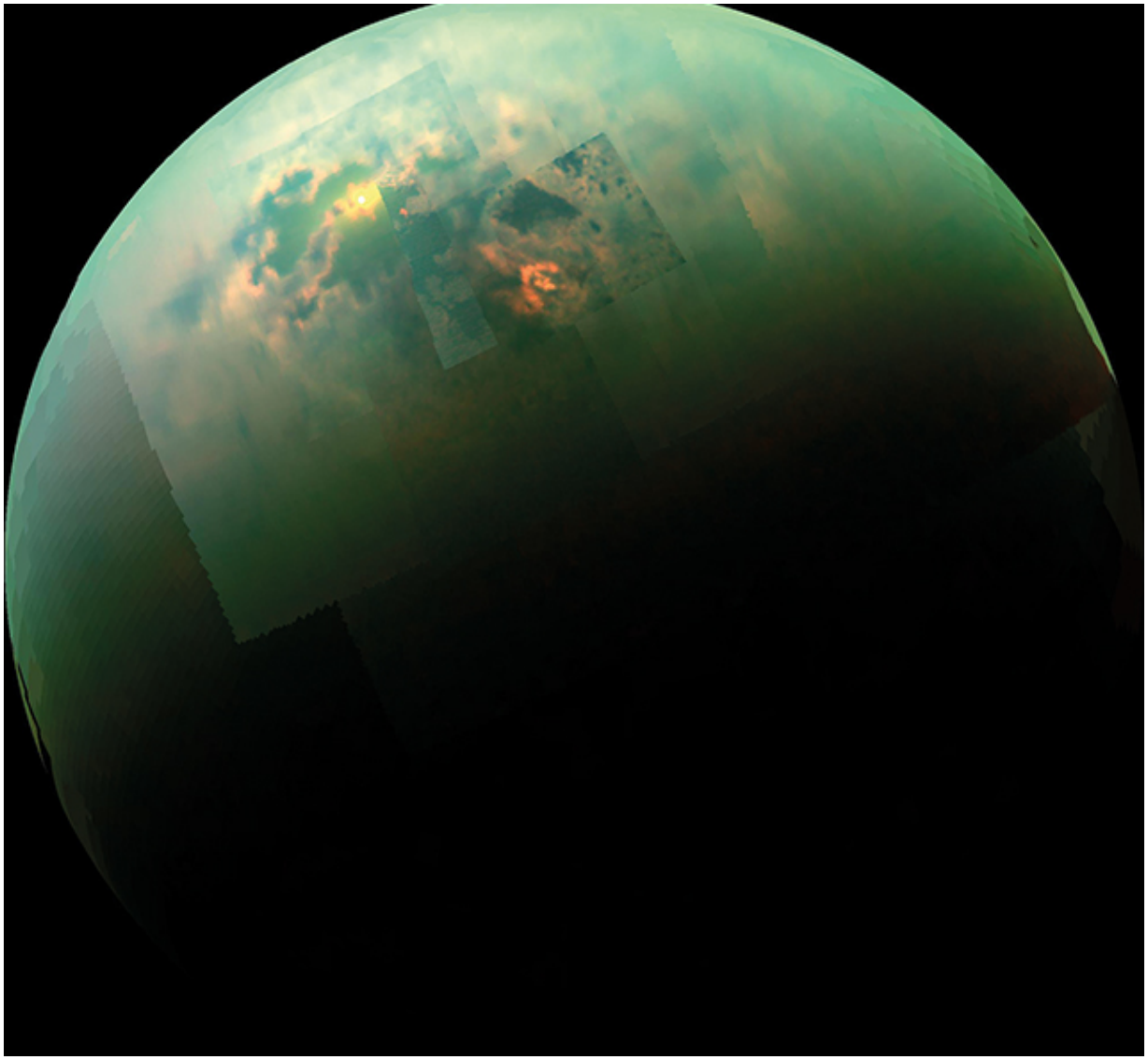
Tak wyglądałoby wodowanie łodzi podwodnej na Tytanie. Najpierw wysunąłby się jeden spadochron, później drugi, dalej pokrywa termiczna i w końcu łódź zanurzyłaby się w jeziorze. Trzeba było spowolnić jej opadanie nie tylko dlatego, by nie roztrzaskała się o taflę, ale też dlatego, że nie znamy głębokości jeziora, nie wiemy też, czy dno jest piaszczyste czy może skaliste. Lepiej być ostrożnym i użyć dużych spadochronów.

Czyli mamy wodę w stanie ciekłym, energię i wiemy, że atmosfera Tytana jest bogata w węglowodany. A jeśli te węglowodany z atmosfery trafiły do podskórnej wody? Jeśli jakiś meteor uderzył w Tytana i zrobił wyrwę w lodzie, przez którą dostały się do oceanu? Albo ruchy płyt tektonicznych spowodowały, że węglowodany z powierzchni trafiły do wody? Nie mów, że nie chodzi ci teraz po głowie jedna myśl: TAM MOŻE BYĆ ŻYCIE! Lub przynajmniej jakiś jego zalążek.

Razem z moją grupą z Jet Propulsion Laboratory otrzymaliśmy polecenie przygotowania projektu sondy, która poleci na Tytana, by

szukać zalążków życia. Z pewnością domyślasz się już, że postanowiliśmy wysłać tam łódź podwodną. Przepraszam, podmetanową.

Zależało nam, aby łódź schodziła możliwie nisko dna, bo właśnie tam może być naprawdę ciekawie. Szczególnie gdyby udało nam się trafić na pęknięcie w skorupie, którym te długie łańcuchy węglowodanów mogłyby się przedostać do podskórnego oceanu. Bo jeśli trafiły tam zalążki aminokwasów, to może zdążyło wykształcić się życie?



Spójrz na zdjęcie Tytana, jednego z księżyców Saturna, wykonane przez sondę Cassini, dla której budowałem generatory nuklearne. Przez gęstą atmosferę da się dostrzec jeziora. Tam właśnie miała wylądować łódź. Z kolei robotyczna ważka ma za zadanie omijać jeziora, za to będzie latać nad wydmami i terenami, gdzie węglowodany mogły się dostać do oceanu pod powierzchnią. Czy widzisz jakieś pęknięcia w skorupie, przez które pod powierzchnię mogłyby się dostać węglowodany? Niewykluczone, że jeśli spojrzysz świeżym okiem, dostrzeżesz coś, co nam umknęło.

Wzięliśmy się do pracy. Przede wszystkim musieliśmy rozwiązać dwa problemy: czym zasilić łódź oraz jak ją obciążyć.

Zanim przejdziemy dalej, chciałbym coś wyjaśnić. Jak się zapewne domyślasz, każde przedsięwzięcie kosmiczne jest niesłychanie kosztowne. Tylko zaraz: dlaczego wysłanie nawet maleńkiego, tyciego satelity kosztuje tysiące dolarów, podczas gdy przewiezienie ładunku o takiej samej wadze wzdłuż ziemskiego równika wymagałoby wydania znacznie niższej kwoty? Podpowiem, że chodzi o grawitację.

Aby jakiś przedmiot – statek kosmiczny, sonda, teleskop, satelita – mógł się znaleźć poza atmosferą ziemską, musi przezwyciężyć potężne przyciąganie ziemskie. W tym celu trzeba nadać mu odpowiednią prędkość. Określa się ją mianem pierwszej i drugiej prędkości kosmicznej. Pierwsza prędkość kosmiczna, którą trzeba nadać wybranemu obiektowi, by wszedł na orbitę ziemską, wynosi niemal osiem kilometrów na sekundę. To bardzo dużo. A jeśli chcemy, by wysłany przez nas statek całkowicie wyrwał się przyciąganiu ziemskiemu i poleciał dalej, musimy nadać mu prędkość wynoszącą ponad 11 kilometrów na sekundę!

Wcale nie jest to łatwe. Przyciąganie ziemskie są w stanie przezwyciężyć tylko wielkie rakiety kosmiczne, które spalają ogromne ilości paliwa. Budowa takich rakiet kosztuje dużo, niewiele mniej trzeba wydać na paliwo. I właśnie dlatego wyniesienie ładunku w kosmos jest

takie kosztowne. Co za tym idzie, musimy projektować wszystkie sondy kosmiczne, łaziki i wszelkie inne instrumenty wysyłane poza Ziemię w taki sposób, by były lekkie i możliwie kompaktowe. Zawsze staramy się upchnąć jak najwięcej funkcji w jak najmniejszym i możliwie najlżejszym urządzeniu.

Skoro to sobie wyjaśniliśmy, wróćmy do projektu łodzi podmetanowej. Skończyliśmy na tym, że należało opracować zasilanie łodzi oraz określić wagę, jaka pozwalałaby się jej zanurzyć, ale nie opaść bezwładnie na dno.

Zacznijmy od zasilania. W wielu projektach kosmicznych wykorzystujemy panele słoneczne. Są zwykle wystarczające tam, gdzie dociera chociaż połowa tego światła słonecznego co na Ziemię. Ale Tytan znajduje się 10 razy dalej od Słońca niż Ziemia, w dodatku otoczony jest gęstą atmosferą, co powoduje, że dociera na niego 100 razy mniej energii słonecznej niż na naszą planetę. Wobec tego panele słoneczne odpadają. Drugim często wykorzystywanym rozwiązaniem jest energia nuklearna, która dzięki zużyciu plutonu może zasilać sondę przez dziesiątki lat. Okazało się jednak, że takie rozwiązanie byłoby za drogie i nie zmieścilibyśmy się w budżecie. Wtedy jeden z moich współpracowników wpadł na pomysł godny prawdziwego inżyniera. Oznajmił:

– Załadujemy łódź bateriami, a to da nam zasilanie i właściwy balast!

Jak więc widzisz, czasami nawet w skomplikowanych kosmicznych projektach najlepiej sprawdzają się najprostsze rozwiązania. Wystarczy pokombinować.

Opracowaliśmy plan, złożyliśmy dokumentację i z niecierpliwością czekaliśmy na chwilę, gdy będziemy mogli przystąpić do budowy naszej łodzi podmetanowej, kiedy… okazało się, że realizacja naszego pomysłu

przekroczyłaby budżet o kilkanaście milionów dolarów. To dużo, nawet dla całkiem zamożnej agencji, jaką jest NASA.

Uznano, że na Tytana nie poleci łódź podwodna, ale trafi tam Ważka, czyli Dragonfly – dron, który ma latać nad powierzchnią tego księżyca i szukać oznak życia. I chociaż nie zejdzie na dno jezior metanowych, zostanie wyposażona w instrumenty, które bez wątpienia dostarczą nam mnóstwa nowej wiedzy o tym niezwykłym miejscu. Zespołem, który wymyślił Ważkę, kieruje doktor Elizabeth „Zibi" Turtle, niesamowita badaczka z Uniwersytetu Johnsa Hopkinsa. Pracowała przy misjach Galileo oraz Cassini–Huygens, a także przy wielu innych przełomowych projektach. Wszyscy szczerze ją podziwiamy.

Być może sądzisz, że czuję się rozczarowany, że to nie projekt mojego zespołu został wybrany. Owszem, odrobinę. Jasne, że fajnie jest wygrywać, ale istnieje coś ważniejszego. Tym czymś jest rozwój wiedzy. Projektując łódź podwodną, dużo się nauczyliśmy, rozwiązaliśmy wiele problemów teoretycznych, z którymi może się zetknąć misja. I ta praca nie poszła na marne. Przyda się przy realizacji kolejnych misji. Poza tym pokazaliśmy, że umiemy myśleć nieszablonowo. W końcu nikt przed nami nie wpadł na to, by wysłać w kosmos łódź podwodną!

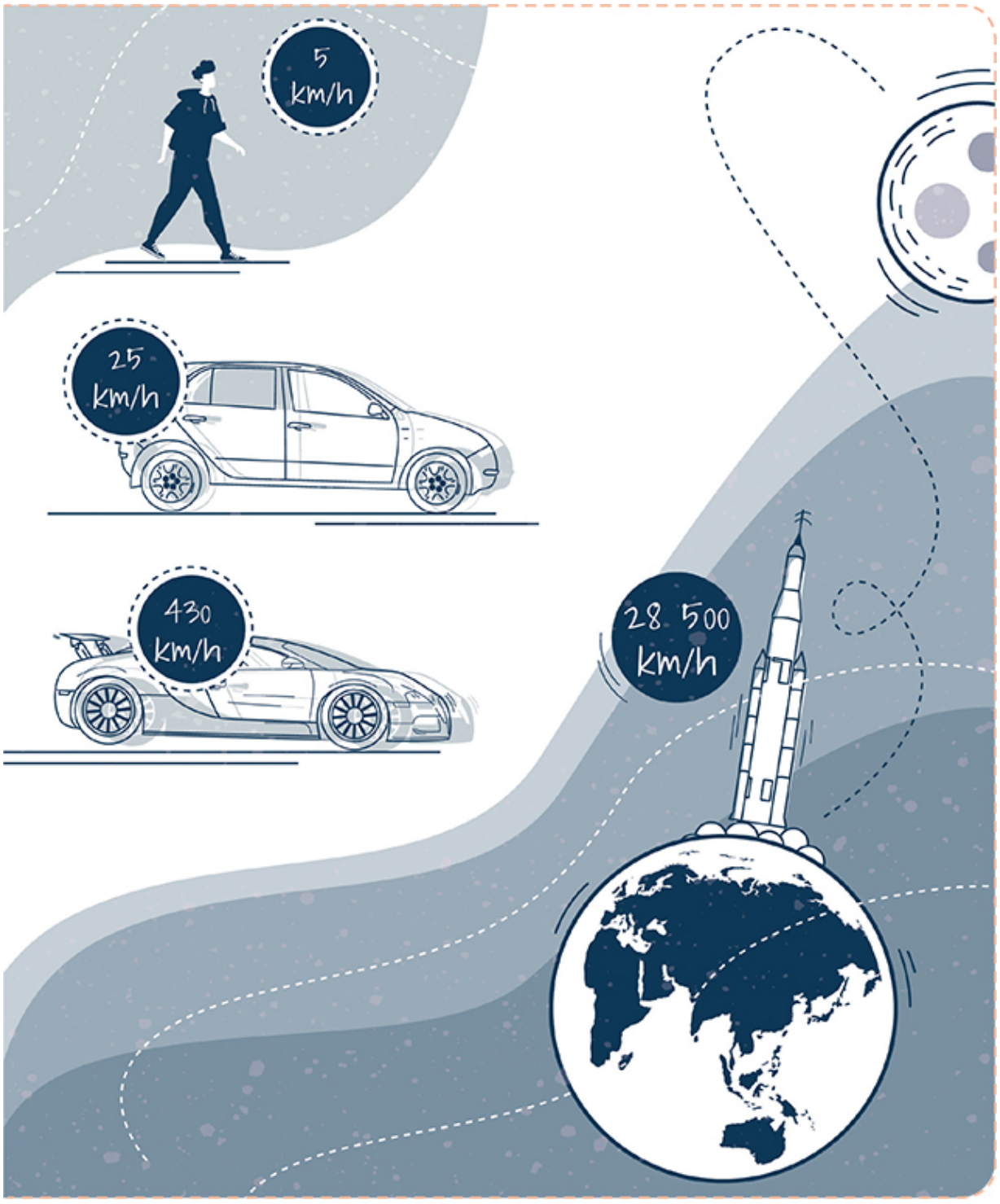
Zadanie

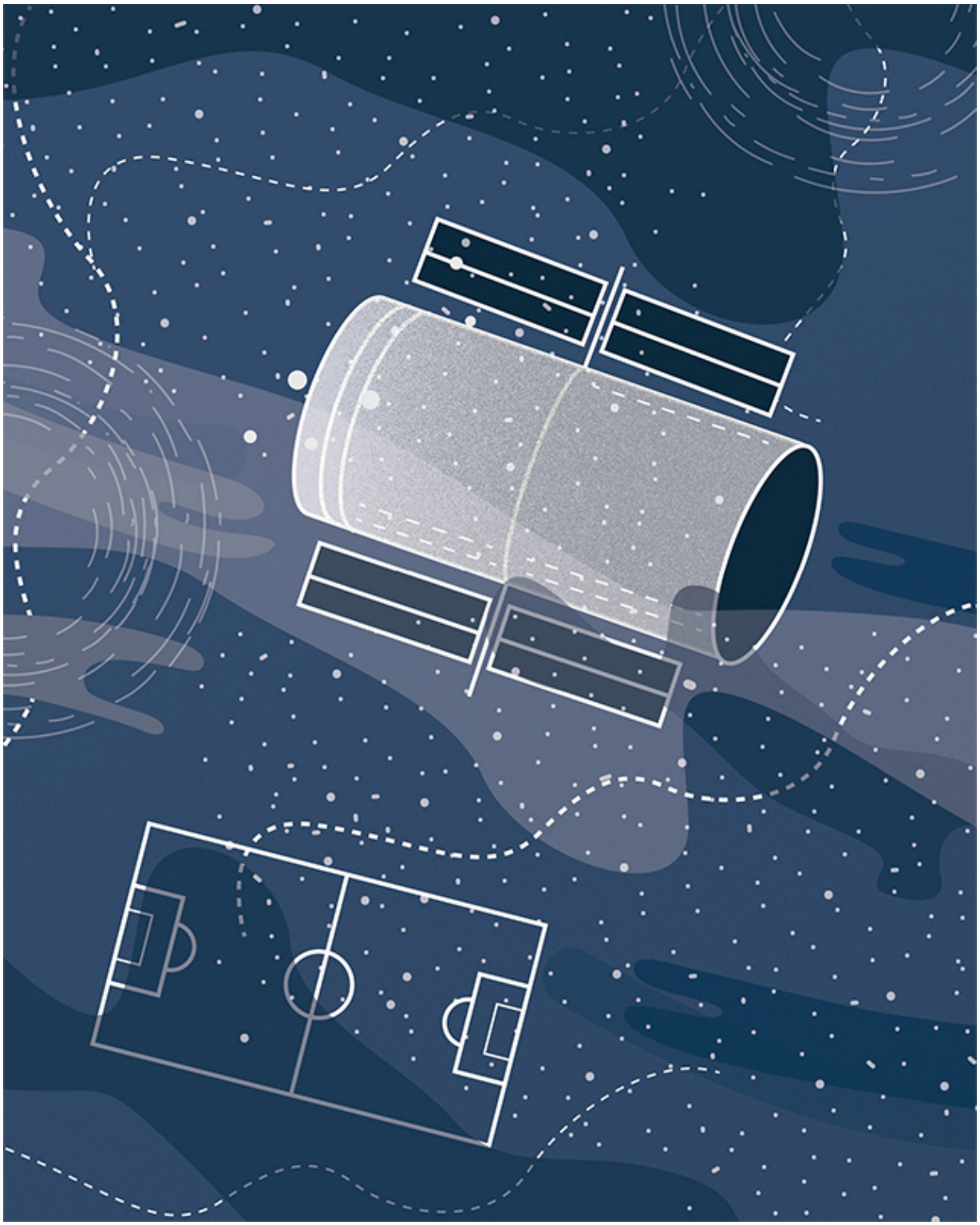
Przeprowadźmy mały eksperyment, aby lepiej sobie wyobrazić te kosmiczne szybkości.

Przeciętny człowiek w ciągu godziny może przejść pięć kilometrów. Poruszając się samochodem w mieście, w ciągu tej samej godziny możemy przebyć około 25 kilometrów, a jeden z najszybszych samochodów świata, Bugatti Veyron, jadąc po wyznaczonym torze, może pokonać w godzinę 430 kilometrów. Teraz porównaj to z prędkością rakiety, która musi przezwyciężyć przyciąganie ziemskie: jeśli ma wynieść satelity lub teleskop na orbitę albo astronautów na Międzynarodową Stację Kosmiczną, musi lecieć z minimalną prędkością wynoszącą niemal 28 500 kilometrów na godzinę. Aby wyrwać się z ziemskiego pola grawitacyjnego i udać się na przykład na Marsa albo – jak w przypadku naszej łodzi – na Tytana, trzeba nadać jej prędkość ponad 40 300 kilometrów na godzinę!

Wróćmy do zadania. Powiedzmy, że dotarcie do szkoły zabiera ci 10 minut. Innymi słowy, to 10 × 60 sekund – czyli 600 sekund. Czyli musisz poświęcić 600 sekund, żeby dojść do szkoły. Spróbuj określić, ile czasu zabrałoby ci dotarcie do szkoły każdą z wymienionych niżej maszyn:

- pieszo 600 sekund
- samochodem …… sekund
- bugatti …… sekund
- statkiem marsjańskim …… sekund


5
km/h
25
km/h
430
km/h
28 500
km/h



Rozdział ósmy

CZY W KOSMOSIE MOŻNA POMPOWAĆ BALONY?

Kiedy przeprowadziłem się do Pasadeny, aby rozpocząć pracę w Laboratorium Napędu Odrzutowego, byłem młodym, nieopierzonym i naprawdę ubogim inżynierem. Wynająłem maleńkie mieszkanko, jakie zwykle wynajmują studenci Kalifornijskiego Instytutu Technologicznego, zwanego Caltech.

Jest to wyjątkowa uczelnia nierozerwalnie związana z JPL. Tak naprawdę laboratorium, w którym pracuję, powstało dzięki kilku niezbyt grzecznym studentom tej uczelni, którzy na uniwersyteckim kampusie potajemnie robili paliwo rakietowe. Pewnie nikt nigdy by się o tym nie dowiedział, gdyby nie to, że doszło do wybuchu! Na szczęście obyło się bez ofiar, nikt nie ucierpiał, ale straty okazały się duże, a nerwy jeszcze większe.

Jak sądzicie, co władze tej statecznej uczelni zrobiły ze studentami, którzy wysadzili w powietrze własność szkoły? Pierwsza odpowiedź, jaka się nasuwa, brzmi: zostali usunięci z uczelni z wilczym biletem. Być może wielu tak by zrobiło, ale Caltech ceni ludzi, którzy nie boją się wyzwań i wiedzą, jak zrobić coś, czego nie potrafią inni. Zamiast wyrzucić nieumyślnych podpalaczy, oddano im do dyspozycji garaż na kalifornijskiej pustyni i zachęcono do dalszej pracy nad paliwem rakietowym. I tak narodziło się Laboratorium Napędu Odrzutowego, słynne JPL. Między nami mówiąc, od lat już nikt u nas nie zajmuje się paliwem rakietowym. Tworzymy najbardziej zaawansowane rozwiązania technologiczne na świecie, ale nazwa ma tak wspaniałą historię, że nikt nie wyobraża sobie, by ją zmienić.

Pewnie wszyscy słyszeli o pierwszym statku kosmicznym – Sputniku – zbudowanym przez ZSRR. A wiesz, kto zbudował drugi w historii statek,

który trafił na orbitę Ziemi? No więc powstał on właśnie w JPL i został nazwany Explorer 1. Explorer, czyli odkrywca. Bo wszyscy jesteśmy przecież odkrywcami.

Wróćmy jednak do mojego małego studenckiego mieszkanka. Było tak blisko uczelni, że wracając do domu, regularnie zaglądałem przez okna Caltechu i często przysłuchiwałem się toczącym się tam dyskusjom. Grałem też w tenisa z doktorem Barrym Barrishem, fizykiem, który później otrzymał Nagrodę Nobla. Między setami Barry tłumaczył mi, jak działa kosmos. W tamtych czasach na uczelni wykładali też Stephen Hawking i Kip Thorne. Stephena Hawkinga pewnie znasz – to brytyjski naukowiec, który mimo ciężkiej choroby, konieczności poruszania się na wózku inwalidzkim i używania komputera zamiast własnego głosu był najbardziej twórczym i oryginalnym fizykiem naszych czasów. Wspólnie ze swoim współpracownikiem Kipem Thorne'em zajmował się tak zwanymi osobliwościami, czyli czarnymi dziurami.

Prędkość światła w próżni wynosi około 300 tysięcy kilometrów na sekundę! Wydaje się, że jest w stanie uciec z każdego miejsca, że żadna siła go nie powstrzyma. Tymczasem okazuje się, że istnieje miejsce o grawitacji tak potężnej, że nie może stamtąd uciec nawet światło. Jest to osobliwość. Czarna dziura. W czarnej dziurze załamują się znane nam prawa fizyki.

W poprzednim rozdziale mówiłem o tym, że aby rakieta kosmiczna mogła przezwyciężyć ziemską grawitację i trafić na orbitę, musi się poruszać z prędkością ponad ośmiu kilometrów na sekundę, a gdy chcemy ją wysłać dalej w kosmos, to nawet szybciej, bo ponad 11 kilometrów na sekundę. Jest jednak coś, co porusza się niewyobrażalnie szybciej. Tym czymś jest światło. Prędkość światła w próżni wynosi około 300 tysięcy kilometrów na sekundę! Wydaje się, że jest w stanie uciec z każdego miejsca, że żadna siła go nie powstrzyma. Tymczasem okazuje się, że istnieje miejsce o grawitacji tak potężnej, że nie

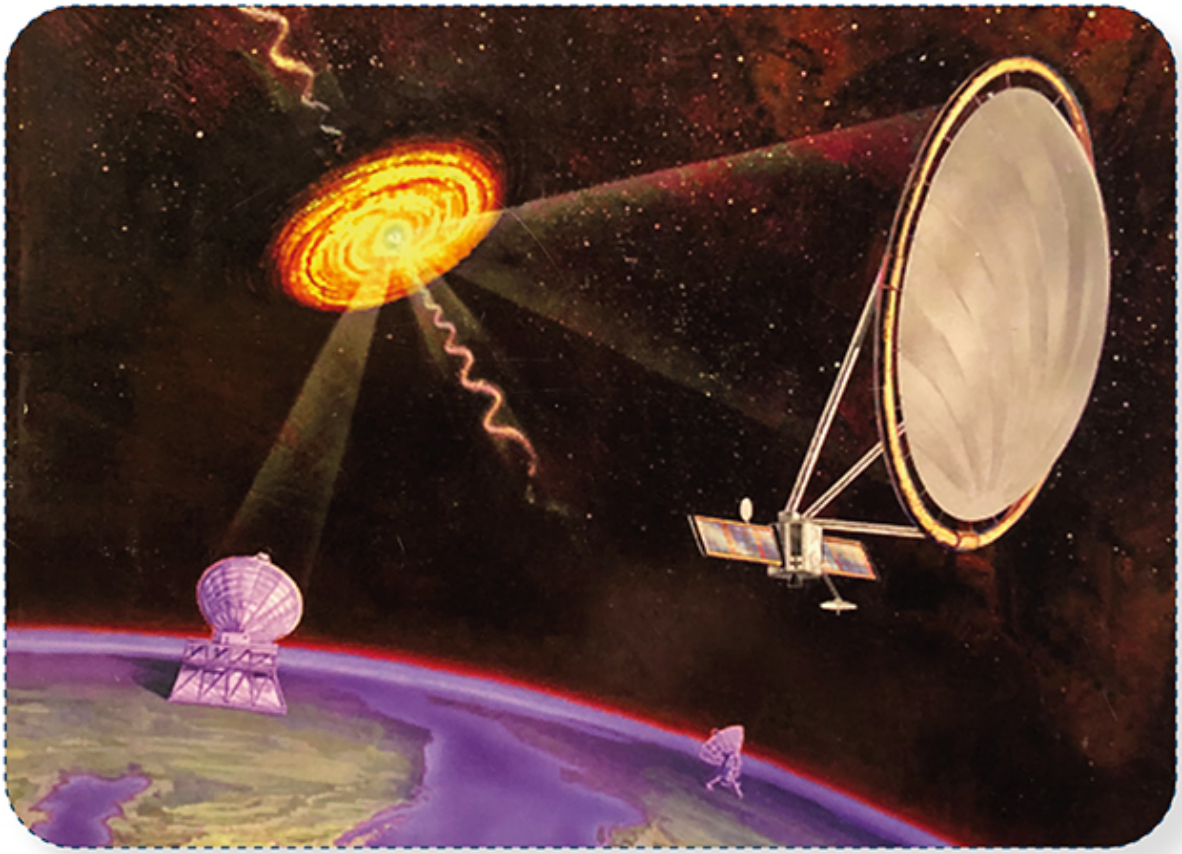
może stamtąd uciec nawet światło. Jest to osobliwość. Czarna dziura. W czarnej dziurze załamują się znane nam prawa fizyki.

Właśnie o tym rozprawiali na Caltechu ci wielcy uczeni. A ja miałem to szczęście, że mogłem ich słuchać. W tamtych czasach nie przyszło mi nawet do głowy, że kiedyś sam będę miał do czynienia z czarnymi dziurami. A tym bardziej że będę budował kosmiczny teleskop, którego zadaniem będzie badanie takich osobliwości.

W NASA padł pomysł skonstruowania teleskopu do poszukiwania odległych planet i właśnie osobliwości. Wyszło nam, że taki teleskop, który mógłby wykonać przyzwoite zdjęcie planety w innym układzie słonecznym, musiałby mieć lustro wielkości stadionu piłkarskiego. To nie koniec: musielibyśmy połączyć 23 takie teleskopy na orbicie, by zrobić na tyle dobre zdjęcie egzoplanety, by można było odróżnić kontynenty, a może nawet miasta, jeżeli takie istnieją. Jak coś takiego wynieść w kosmos? Większość teleskopów jest zrobiona ze stali i szkła. 23 stadiony ze stali i szkła na orbicie? Ile by to kosztowało? Ile potrzeba byłoby rakiet? Setki? Tysiące?

Nie do zrobienia?

Przypomnę swoje motto: wystarczy pokombinować! Każdy problem da się rozwiązać, jeśli podejdzie się do niego kreatywnie i włoży w to dużo pracy. Moja grupa również znalazła rozwiązanie: zrobimy teleskop nadmuchiwany. Zostałem dyrektorem projektu ultralekkich i nadmuchiwanych struktur kosmicznych Gossamer. Nazwa *gossamer* pojawia się w dramatach Williama Szekspira *Romeo i Julia* i *Król Lear*, kiedy autor mówi o czymś niezwykle lekkim.



Ilustracja przedstawia ogromną nadmuchiwaną antenę, która wraz z antenami naziemnymi miała robić zdjęcia czarnych dziur, używając do tego fal radiowych. Misja nazywała się ARISE.

Teleskop miał być ogromny, jednak trzeba było go wynieść na orbitę w ładowni promu kosmicznego, która choć spora – pomieściła przecież teleskop Hubble’a i wiele modułów Międzynarodowej Stacji Kosmicznej – to obiekt wielkości boiska piłkarskiego można było do niej wepchnąć tylko złożony w równą kostkę jak koc lub spadochron. Konstrukcja musiała się składać i rozkładać. Ale jak sprawić, by tak się stało? Użyć jakiegoś skomplikowanego systemu ramion i wysięgników? Wystarczy, że jeden nie zadziała, i cała robota na nic. Taki teleskop powinien rozkładać się szybko i równomiernie, jak poduszka powietrzna samochodu przy zderzeniu. I to był

pomysł! Uznaliśmy, że zrobimy ogromną, superlekką poduszkę, która po wyniesieniu na orbitę okołoziemską rozłoży się dzięki powietrzu. Proste, logiczne i wykonalne!

Do nadmuchania tak ogromnej konstrukcji wystarczy gaz, który mieści się… w niedużej butelce. Innymi słowy, można by tego dokonać jednym oddechem. W wyniku różnicy ciśnień w próżni i wewnątrz naszego teleskopu balon rozprostuje się i nadmucha bardzo szybko. Ale pozostaje inny problem: czy ultralekka nadmuchiwana struktura będzie trwała? Czy nie przebije jej byle śmieć kosmiczny czy nawet płatek farby z rakiety lecący z szybkością 27 tysięcy kilometrów na godzinę? Cóż, tak właśnie się stanie, choć wciąż nie zniszczy teleskopu. Obliczyłem, że nasza antena może mieć 200 tysięcy dziur, a i tak zachowa prawidłowy kształt przez trzy lata. Dlaczego?

Przeprowadźmy małe doświadczenie.

Weź balon, nadmuchaj go i wypuść. Powietrze zacznie gwałtownie z niego uchodzić, a balon będzie pędził jak oszalały po wszystkich kątach pokoju. Sądzisz, że w przypadku krążącego po orbicie teleskopu wyglądałoby to identycznie? Otóż nie.

Jak mówiłem, do nadmuchania teleskopu wystarczy niewielka butla z gazem. To oznacza, że w tak ogromnej przestrzeni w środku anteny znajdzie się bardzo niewiele cząsteczek, którym niełatwo będzie trafić do dziury zrobionej przez kosmiczny odpadek. Wyobraź sobie, że grasz w koszykówkę w ogromnej sali gimnastycznej. Na podłodze leży kilka piłek, a gdzieś wysoko jest otwarte okienko. Jaka jest szansa, że grając, trafisz akurat w ten maleńki otwór? Niewielka, prawda? A jaka jest szansa, że trafisz w niego wszystkimi piłkami, które znajdują się w sali? Dokładnie

tak samo mają się sprawy z cząsteczkami powietrza w teleskopie kosmicznym.

Obliczyliśmy, że nasza dmuchana antena przetrwa w przestrzeni kosmicznej trzy lata. Następnie zabraliśmy się do wykonania prototypu, który poleci na orbitę.

Przede wszystkim należało określić, jakiej powinien być wielkości. Współpracujący z nami naukowcy i inżynierowie z mojego zespołu sugerowali najrozmaitsze rozmiary. Jedni mówili, że musi mieć 100 metrów długości, inni, że bardziej odpowiedni będzie taki o boku długim na 10 metrów. Co osoba, to pomysł. A ja jako menedżer projektu miałem obowiązek podjąć ostateczną decyzję. Powiedziałem, że przemyślę wszystkie propozycje, rozważę argumenty i kolejnego dnia ogłoszę, co zdecydowałem. Punktualnie o ósmej rano wszedłem do sali, w której zgromadzili się już wszyscy członkowie projektu. Rozejrzałem się i poważnym głosem powiedziałem:

– Po zapoznaniu się ze wszystkimi propozycjami uznałem, że prototyp anteny powinien mieć dokładnie 23 metry i 77 centymetrów długości. – I śmiejąc się w duchu, czekałem na pytania, jak to wydedukowałem. Miałem nadzieję na jakąś zażartą dyskusję, może nawet sprzeczkę, a tu cisza. Wszyscy przyjęli moją decyzję i nikt nie zamierzał jej podważać! Byłem zawiedziony.

To nie jest film National Geographic pokazujący, jak nowo narodzona żyrafa po raz pierwszy próbuje stanąć na nogi. **To zdjęcie naszej dmuchanej anteny**, na którym wyraźnie widać, że rozkłada się źle. Ja i reszta mojej grupy wpadliśmy w

przerażenie. Ludzie oglądający to w telewizji nie wiedzieli, że antena miała się rozłożyć zupełnie inaczej, i uznali nawet, że to bardzo ekscytujący widok. Astronauci robiący to zdjęcie z promu kosmicznego też byli trochę zdenerwowani, obawiając się, że antena może oplątać prom.

Jak może pamiętasz, wspominałem, że jestem zapalonym tenisistą. Te 23 metry i 77 centymetrów to długość kortu tenisowego, moja poważna i ostateczna decyzja była więc po prostu żartem, psikusem, jaki zrobiłem współpracownikom, aby sprawdzić ich czujność. Nigdy, przenigdy nie przyjmuj niczego za pewnik tylko dlatego, że tak mówi twój przełożony, nauczyciel, a nawet rodzic, bo może się okazać, że się myli albo – tak jak ja – żartuje. Zadawaj pytania tak długo, aż wszystko zrozumiesz. Niestety mnie nikt nie zapytał.

Wróćmy do naszego dmuchanego prototypu. Lustro każdego teleskopu musi mieć kształt paraboliczny, czyli przypominać wydrążony czubek półkuli. W związku z tym nasze lustro wyglądało troszkę tak, jakby ktoś posklejał je z trójkątnych kawałków pizzy. Zgadza się, naprawdę wysłaliśmy w kosmos teleskop wielkości kortu tenisowego wyglądający jak wielka nadmuchiwana i wklęsła pizza. Prawda, że nawet Papcio Chmiel by tego nie wymyślił?

Za to my wymyśliliśmy, że pomożemy teleskopowi rozłożyć się równomiernie w przestrzeni. To bardzo ważne, by tak właśnie się stało. Dlatego zainstalowaliśmy mechanizm, który po wyniesieniu złożonego teleskopu w przestrzeń kosmiczną wypchnie go z pudełka. Wreszcie doszło do próby.

Nasz dmuchany teleskop poleciał na orbitę na pokładzie promu kosmicznego Endeavour. Astronauta wypuścił pudełko z teleskopem w przestrzeń i miał nacisnąć guzik uruchamiający mechanizm wypychający, gdy teleskop sam wyskoczył z pudełka! Okazało się, że chociaż złożyliśmy

płachtę bardzo precyzyjnie, wręcz sprasowaliśmy całość, to gdzieś w zagięciach wciąż były tycie, niezauważalne dla człowieka pęcherzyki powietrza. I to one w kontakcie z próżnią wypchnęły teleskop z pudełka.

Poczułem się odrobinę zawiedziony, że sprawy nie do końca poszły po mojej myśli. Jednak dobry inżynier rozumie, że nie zawsze wszystko się udaje, poza tym każda porażka przybliża do wykonania zadania. Nigdy nie obawiaj się popełniać błędów. One wszystkie nas czegoś uczą, choćby tego, jak czegoś nie robić.

Ja na przykład nauczyłem się tego, że nie potrafię składać nadających się do tego powierzchni oraz że istnieją ludzie, którzy są w tym mistrzami. W trakcie pracy nad anteną przeczytałem gdzieś, że pewien amerykański profesor wygrał międzynarodowe zawody origami. Origami to sztuka składania papieru, mająca dużo wspólnego z matematyką i z geometrią. Pomyślałem, że umiejętności tego człowieka mogą nam bardzo pomóc. Umówiłem się na spotkanie i wsiadłem w samolot. Profesor był bardzo uprzejmy, wyjaśnił mi wiele zawiłości i przyglądając się danym dotyczącym naszej anteny, uznał, że mógłby ją złożyć tak, by zmieściła się w pudełku wielkości puszki po kawie. Głupio mi się zrobiło… Wydawało mi się, że złożyliśmy antenę całkiem nieźle, mimo to na orbitę poleciało pudełko wielkości niewielkiej szafy lub sporej komody. A ten człowiek mi mówi, że mogliśmy całą konstrukcję zamknąć w puszce po kawie!

Na koniec spotkania poprosiłem go, by wskazał mi na mapie najszybszą drogę na lotnisko. Nie były to jeszcze czasy nadajników GPS. Gdy profesor pokazał mi, jak mam jechać, zacząłem składać mapę, jednak zastygłem w pół ruchu na widok jego zawiedzionej miny.

– Czy dobrze się pan czuje, wszystko w porządku? – zapytałem.

Profesor machnął ręką, migając się od odpowiedzi, ale po chwili wypalił:

– Okropnie składa pan tę mapę! Przecież można dużo lepiej. – Wyjął mi ją z ręki, po czym kilkoma wprawnymi ruchami złożył w niewielką kosteczkę.

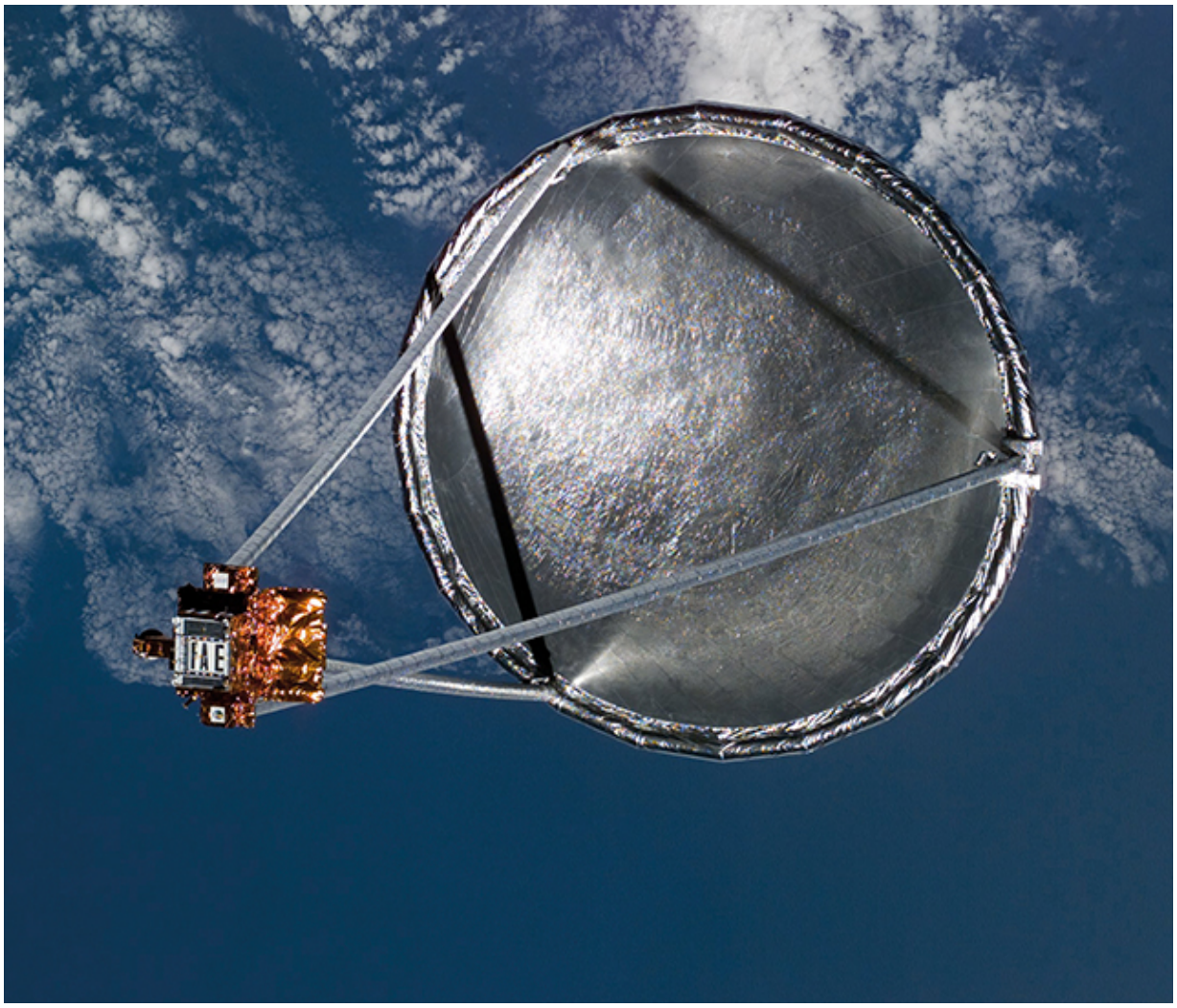
– Ale przecież teraz nigdy tego nie rozłożę – zaprotestowałem.

Profesor nie skomentował, tylko rozłożył mapę jednym płynnym ruchem.

Tak oto dowiedziałem się, że są dobre i złe metody składania oraz że ja znam głównie te złe. Obiecałem sobie, że gdy następnym razem będę musiał złożyć coś wielkiego w taki sposób, by bez problemu rozwinęło się na orbicie, poproszę o pomoc specjalistę od origami.

Przy okazji opowieści o misji Rosetta wspomniałem o Liz Barrios de la Torre, artystce i projektantce, która pomogła nam lepiej zrozumieć, jak będzie przebiegało lądowanie na komecie. Teraz opowiedziałem o specjaliście od origami. Pracowałem też ze znakomitym inżynierem, który był jednocześnie literaturoznawcą, z muzykami, ze specjalistami od nagłośnienia i wieloma innymi osobami, których zawód na pierwszy rzut oka w ogóle nie kojarzy się z eksploracją kosmosu. A jednak tacy ludzie są nam bardzo potrzebni. Powiem więcej – są nam niezbędni. Bo prezentują nowe, twórcze podejście do rozwiązywania problemów. Biolodzy uczą nas o wynalazkach natury, chemicy o nowych materiałach. W trakcie pracy nad anteną kosmiczną spędziliśmy mnóstwo czasu, podglądając pająki. Wiesz, że pająki wytwarzają aż trzy różne rodzaje nici? I że te nici są tak wytrzymałe, że gdyby wydziergać z nich grubą siatkę, można by na niej podnieść samochód ciężarowy? Więcej: gdyby w taką wielką pajęczą siatkę wpadł rozpędzony boeing 727, to nie dałby rady jej przebić!

Dlatego niezależnie od tego, co cię fascynuje, jeśli wykażesz się w danej dziedzinie, drzwi wielkich laboratoriów kosmicznych będą stały przed tobą otworem.



Uff, na szczęście antena pięknie się rozłożyła. Popełniliśmy wiele błędów, ale też bardzo dużo nauczyliśmy się o nadmuchiwanych konstrukcjach w kosmosie.

Dmuchany teleskop nigdy nie wyszedł poza fazę koncepcji i prototypów i przyznam, że w pewnym sensie uznaję to za swoją porażkę. Teraz, z perspektywy czasu, widzę, ile błędów popełniłem jako szef projektu. Byłem inżynierem, który potrafił myśleć o takich materiałach jak stal czy

aluminium i nie wiedział, jak operować czymś, z czym wcześniej nie miał do czynienia. Poza tym za bardzo skupiłem się na roli menedżera: myślałem o budżecie, miejscu w ładowni wahadłowca, a za mało czasu poświęcałem swoim współpracownikom. Uznałem, że skoro są świetni – a przecież są – to poradzą sobie bez mojego udziału, wystarczy, że zapewnię im wszystko, czego potrzebują. A to nieprawda. Rolą dobrego menedżera jest łączenie ludzi, tworzenie siatki wymiany informacji i wszechstronne wspieranie współpracowników. To był pierwszy projekt, w którym pełniłem tę funkcję, i nie wiedziałem, co dokładnie powinienem robić. Bo nikt nie potrafi niczego ot tak. Wszystkiego musimy się nauczyć. Nieważne, czy tym czymś jest prawo Archimedesa, odmiana przez przypadki, prowadzenie samochodu czy zarządzanie projektem: uczymy się zawsze i przez całe życie. Ja również czegoś się nauczyłem, a konkretnie tego, że jeszcze wiele muszę się nauczyć.

Zadanie

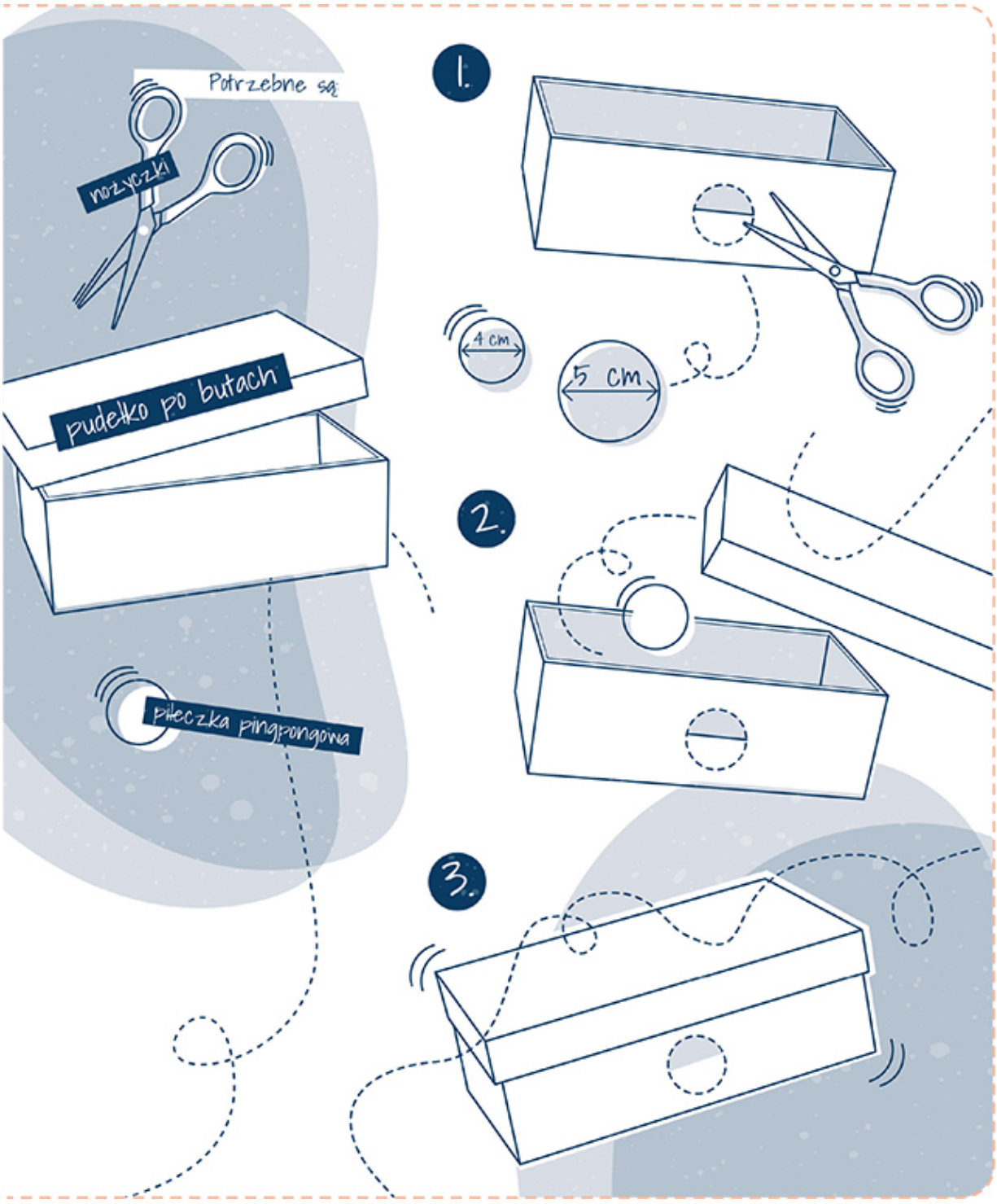
Jak szybko na orbicie ucieka gaz z nadmuchiwanej anteny?

Weź nożyczki, kartonowe pudełko po butach i piłeczkę pingpongową. W jednej ze ścianek pudełka wytnij otwór o średnicy o centymetr większej niż piłeczka pingpongowa. Jeżeli piłeczka ma średnicę wynoszącą cztery centymetry, to otwór powinien mieć pięć centymetrów.

Włóż piłeczkę do pudełka i zamknij pokrywę. Włącz stoper i zacznij energicznie potrząsać pudełkiem, obracając je we wszystkie strony.

Zmierz czas, jaki upłynie, nim piłeczka wypadnie z pudełka.

Powtórz eksperyment jeszcze kilka razy. Ile średnio czasu musi upłynąć, nim piłeczka wypadnie z pudełka? Gdyby pudełko było naszą anteną, a piłeczka molekułą gazu, to antena zachowałaby kształt przez czas wskazany przez twoje pomiary. Oczywiście antena jest 100 tysięcy razy większa niż pudełko i ma w sobie miliardy bilionów więcej molekuł gazu.


Potrzebne są:
nożyczki
pudełko po butach
piłeczka pingpongowa
1.
4 cm
5 cm
2.
3.

Rozdział dziewiąty

JAK KOSMICZNE TECHNOLOGIE RATUJĄ ZIEMIĘ

Zadam ci zagadkę: co mają wspólnego mleko w proszku, wykrywacz dymu i smartfon? Otóż wszystkie te rzeczy powstały dzięki eksploracji kosmosu i wszystkie zostały stworzone tutaj, w laboratoriach NASA.

Mleko w proszku narodziło się, gdy trzeba było wymyślić, w jaki sposób karmić astronautów na długich misjach księżycowych. Z kolei czujnik dymu, wynalazek, który teraz montuje się w każdym budynku i który ocalił pewnie miliony ludzi przed śmiercią w ogniu, powstał, gdy w trakcie treningu do misji Apollo doszło do pożaru. Ale smartfon? Zaraz, przecież to Steve Jobs wymyślił smartfona. To z jednej strony racja, z drugiej – słynny założyciel firmy Apple tylko połączył różne technologie, które powstały na potrzeby misji kosmicznych, i zapakował je do jednego urządzenia. Na przykład pierwsza miniaturowa kamerka, której użyto w iPhonie, została wymyślona przez Erica, mojego kolegę z JPL pracującego trzy pokoje dalej. Miało to miejsce w tym samym czasie, gdy ja dostałem zadanie zbudowania ogromnego teleskopu. Niektórzy pukali się w głowę – niby po co budować maleńką kamerę? Do czego jej użyjemy? Dlatego następnym razem, gdy będziesz robić zdjęcie aparatem w telefonie, przypomnij sobie, że został on zaprojektowany po to, by można było stworzyć maleńkie łaziki do badania kosmosu. Jak zatem widzisz, kosmiczne technologie są wszędzie. Poszerzają naszą wiedzę o świecie i sprawiają, że nasze życie staje się lepsze i bezpieczniejsze.

Kosmiczne technologie są wszędzie.
Poszerzają naszą wiedzę o świecie i sprawiają, że

Moje znakomite koleżanki i znakomici koledzy z JPL pracują na przykład nad supernowoczesnym i bardzo wydajnym respiratorem, który może ratować życie osób cierpiących na przewlekłe

nasze życie staje się lepsze i bezpieczniejsze.

choroby płuc. Ja z kolei staram się wykorzystać technologie kosmiczne do poszukiwania wody na Ziemi.

Powiem szczerze, że boję się o życie na naszej planecie. Bardzo źle potraktowaliśmy i ją, i jej mieszkańców. Oceany są pełne plastikowych śmieci, wiele gatunków zwierząt straciliśmy na zawsze, a w różnych częściach świata dochodzi do tragicznych w skutkach pożarów. I choć trudno to przyznać, jest to wina nas wszystkich. Mam nadzieję, że dbasz o środowisko. Nie śmiecisz, nie wypalasz traw, segregujesz odpady i robisz, co w twojej mocy, by nasz wspólny dom, nasz niesamowity statek kosmiczny, jakim jest Ziemia, mógł służyć ludzkości przez wiele kolejnych pokoleń. Kto wie, może w przyszłości stworzysz jakieś rewolucyjne rozwiązanie, które da nam czystą energię, pozwoli zatrzymać efekt cieplarniany i oczyścić oceany?

A teraz opowiem o wodzie. Tak, znowu, bo woda jest wyjątkowo ważna. To w niej narodziło się życie. My sami składamy się z wody aż w 70 procentach, a żeby móc dobrze funkcjonować, musimy wypijać dziennie przynajmniej dwa litry wody.

Niestety nasze niemądre obchodzenie się ze środowiskiem doprowadziło do tego, że wody, szczególnie tej czystej, zdatnej do picia bez konieczności długiego chemicznego oczyszczania, jest coraz mniej. Wycinanie drzew, koszenie trawy i betonowanie ogromnych przestrzeni sprawiły, że strumienie, które zawsze znajdowały się blisko powierzchni, teraz zeszły bardzo nisko i korzenie roślin nie mogą ich dosięgnąć. Grozi nam przewlekła susza. A susza oznacza niskie plony i bardzo drogie jedzenie. Oznacza śmierć zwierząt, które utraciły naturalne wodopoje. Oznacza również śmierć ludzi, którzy tracą podstawę swojego funkcjonowania.

Właśnie dlatego bardzo się ucieszyłem, gdy okazało się, że będę miał szansę przewodzić grupie badaczy, której celem jest odnalezienie wód podziemnych na terenie suchego i piaszczystego Kataru, pustynnego państwa leżącego nad Zatoką Perską.

Katar jest krajem bogatym w ropę naftową, jednak bardzo ubogim w wodę. Aby jego mieszkańcy mieli co pić, kopie się tam bardzo głębokie studnie oraz odsala wodę morską. Jednak to nie wystarcza. Katar potrzebuje wody, a ja mam się dowiedzieć, jak tę wodę znaleźć.

Na szczęście pracując dla agencji kosmicznej, która szuka wody w odległych miejscach Układu Słonecznego, a nawet dalej, wiem co nieco, jak ją znaleźć tam, gdzie z pozoru jej nie ma. NASA i ESA, czyli Europejska Agencja Kosmiczna, całkiem skutecznie poszukują wody przy użyciu radarów. Radar o imieniu Marsis, który poleciał na Czerwoną Planetę wraz z misją Mars Express, odnalazł pod powierzchnią czapy lodowej Marsa podziemne jezioro. Cóż za sukces! Każda wzmianka o wodzie lub lodzie na Marsie spotyka się z ogromnym zainteresowaniem, bo jeśli zechcemy kiedyś tam zamieszkać, woda posłuży nam do produkcji niezbędnego ludziom tlenu oraz do stworzenia paliwa rakietowego. No i oczywiście do picia. Bo – powtórzę – woda to życie.

Podobnego do Marsis radaru używaliśmy do prześwietlania komety w czasie misji Rosetta. Wspominałem, że kometa jest bardzo porowata, dziurawa, zrobiona z różnych pyłów, gazów i lodów. Dzięki radarowi wiedzieliśmy, ile tego lodu jest. Dlatego teraz, używając kosmicznych technologii sprawdzonych w najbardziej ekstremalnych warunkach, miałem szukać wody pod piaskami pustyni. I wiesz co? Okazało się to trudniejsze niż znalezienie wody na Marsie…

Zanim jednak zdradzę, co stanowiło największy problem tej misji, wyjaśnię, jak działa radar. A działa jak… nietoperz.

Nietoperz, aby swobodnie poruszać się w ciemności, wydaje dźwięki, które odbijają się od różnych płaszczyzn i wracając do jego wielkich uszu, pozwalają mu „usłyszeć” wszystko, co znajduje się przed nim. Rysują mu taką dźwiękową trójwymiarową mapę, która pozwala mu szybko latać w nocy i nie wpadać na drzewa, słupy i wszelkie inne przeszkody. Takiej samej techniki używa się w sonarach, czyli echosondach stosowanych w łodziach podwodnych. Wysyła się sygnał, który wraca, dopiero gdy natrafi na jakąś przeszkodę. Dzięki temu można ustalić, w jakiej odległości się ona znajduje, oraz określić jej wielkość.

Jednak my zamiast z fal dźwiękowych zamierzaliśmy korzystać z fal radiowych. Uznaliśmy, że zbudujemy satelitę i wyposażymy go w radar radiowy. Z wysokości kilkuset kilometrów miał wysyłać sygnał i czekać na informację zwrotną.

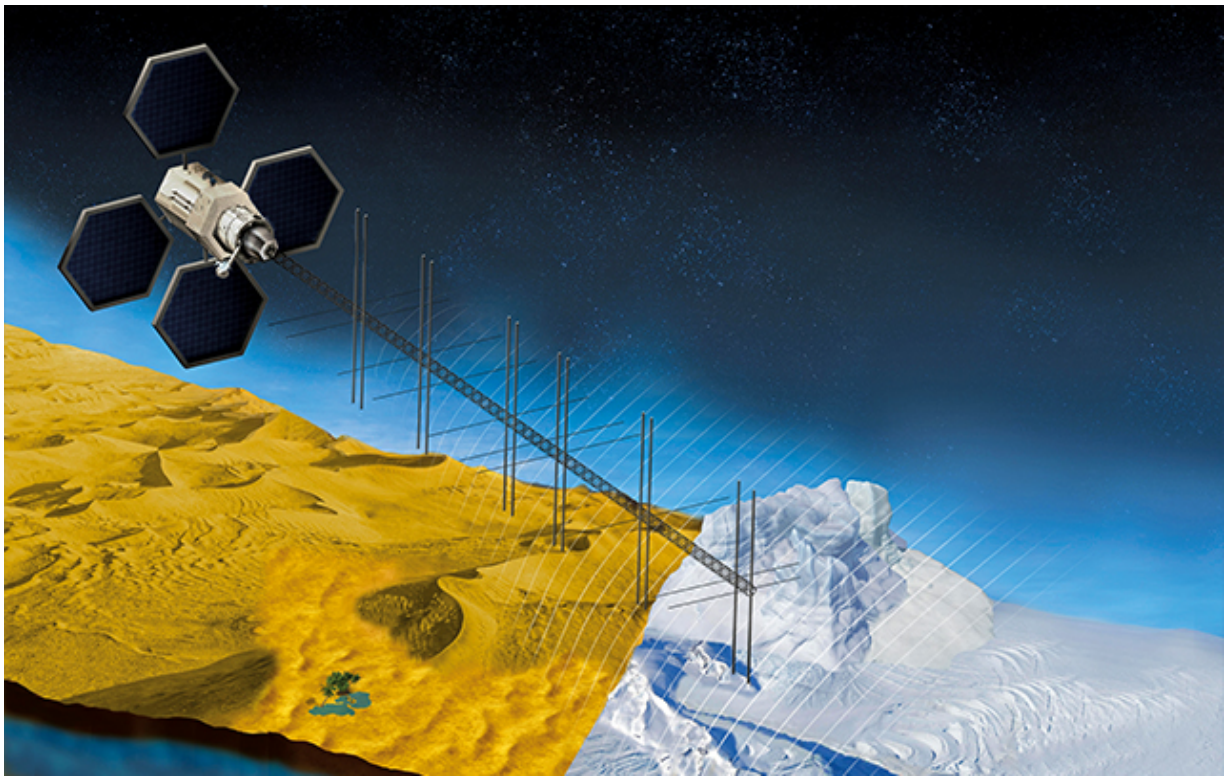
Ale zaraz: w jaki sposób fala radiowa ma przekazać wiadomość, że gdzieś jest woda, a w innym miejscu jej nie ma? Co, jeśli zamiast na wodę trafi na skały, magmę albo drobny piasek? Skąd możemy to wiedzieć? Przecież fala nie wróci do radaru, krzycząc: „Tam jest woda! Tam jest woda!”.

Mimo to powie nam to dość wyraźnie, choć nie za pomocą słów. Okazuje się, że fale radiowe odbijają się od wody jak od lustra. Jeżeli odbiją się nie w pełni, to być może dlatego, że nie natrafiły na taflę wody, lecz na wilgotną porowatą skałę. Im więcej wody, tym mocniejsze odbicie. I właśnie to pozwala nam ocenić, co może się znajdować pod skorupą Ziemi.

Dlatego wysyłamy fale radiowe i sprawdzamy, jak długo zajmie im powrót do radaru. Im dłużej to trwa, tym głębiej pod powierzchnią występuje woda. Pomiar czasu pozwala określić jej ilość i dokładne poło-

żenie: na przykład 50 lub 100 metrów pod warstwą piasku – czyli na głębokości równej długości boiska piłkarskiego.

No dobrze: to na czym polegają te problemy, o których wspominałem? Otóż przerastają one inżyniera kosmicznego, bo dotyczą ludzi…



Statek kosmiczny Oasis również miał zostać wyposażony w ogromną antenę, ale radarową. Antena ma używać fal radiowych, żeby wykryć wodę pod Saharą.

Katar nie jest dużym państwem i nasz satelita miał przelatywać nad jego terytorium przez zaledwie kilka minut na dobę. W dodatku fale radiowe mogą powodować zakłócenia pracy telefonów komórkowych, dlatego najlepiej byłoby, aby badał terytorium państwa tylko w nocy, gdy większość użytkowników komórek śpi. Co oznacza, że musimy przeprowadzić bardzo dużo skomplikowanych obliczeń, które pozwolą nam wyznaczyć taką

trajektorię lotu satelity, by znajdowała się nad Katarem dokładnie w pożądanym przez nas momencie. To pierwszy problem.

Drugi jest taki, że musimy się dogadać z różnymi ościennymi państwami, które obawiają się, że satelita ma na celu nie szukać wody, ale szpiegować, przeczesywać obszar innych państw, by znaleźć coś wartego ukrycia. Jest jeszcze trzeci, chyba największy problem.

Katar leży na półwyspie, a poziom otaczających go mórz często ulega zmianie. Te podnoszą się ze względu na topnienie czap polarnych i mogą doprowadzić do zalania miast portowych, a w dalszej kolejności – całego półwyspu. Byłaby to katastrofa. Dlatego emir Kataru uznał, że nasz satelita powinien nie tylko poszukiwać wody na pustyni, ale również określić grubość pokrywy lodowej na biegunie południowym oraz na Grenlandii.

A zatem musieliśmy sprostać następującym wyzwaniom:

- zbudować bardzo czuły radar, który umieścimy na satelicie;
- określić trajektorię lotu satelity tak, by przelatywała nad Katarem w nocy;
- dogadać się z państwami ościennymi, aby nasz satelita nie stał się kością niezgody;
- wyznaczyć trajektorię lotu satelity w taki sposób, by zahaczała nie tylko o Katar (nad którym musi się znaleźć w nocy), ale również o biegun południowy i Grenlandię.

Wiedziałem, że nie będzie to proste zadanie. Mimo to ogromnie się cieszyłem, bo takie wyzwania dają mi niesamowitą energię, porównywalną do tej, którą czułem, konstruując swoje pierwsze instrumenty naukowe dla misji kosmicznych.

Jak może pamiętasz, dostałem się do JPL, żeby pracować nad samochodem elektrycznym. Aby samochód zużywał jak najmniej energii, należało wykonać jego model komputerowy i obliczyć, jaka część zużywa ile energii, a później ustalić, w jaki sposób ten pobór energii zminimalizować. Gdy projekt z samochodem elektrycznym dobiegał końca, okazało się, że nowa misja NASA na Jowisza – Galileo, będzie używała małych generatorów atomowych i także potrzebuje kogoś do takiego komputerowego modelowania. Od razu się zgłosiłem, bo dzięki temu nareszcie mogłem pracować nad statkiem kosmicznym, a przecież właśnie tego chciałem. Generatory, które miały zapewnić instrumentom sondy zasilanie, nosiły dźwięczną nazwę General-Purpose Heat Source Radioisotope Thermoelectric Generators. Sprowadzało się to do tego, że wykorzystywały specjalny materiał zdolny generować elektryczność. Materiał ten musiał być rozgrzany z jednej strony, a zimny z drugiej. Rozgrzewaliśmy go więc radioaktywnym plutonem od środka, a z zewnątrz był chłodzony przez zimny pusty kosmos.

NICE TO MEET YOU! KIEDY BYŁEM MAŁY, CZYTAŁEM WASZE PRZYGODY, KTÓRE RYSOWAŁ MÓJ TATUŚ W „ŚWIECIE MŁODYCH".
IN
TYTUŚ
TO JEST STATEK BADAWCZY »ULISSES«.
A'TOM, NIE WIERZ. TO SĄ ATRAPY DLA TURYSTÓW.
A TO JEST SZTUCZNY SATELITA »GALILEO«.
A OTO PROM KOSMICZNY. NAWET DZIECKO MOŻE GO URUCHOMIĆ.
STÓJ!
OBEJRZĘ Z BLISKA.

Podczas przygotowań do misji Galileo zadzwonił do mnie tata. „Nad czym pracujesz, synku?”, zapytał. Odpowiedziałem, że akurat montujemy instrumenty na statek. Oczywiście miałem na myśli instrumenty naukowe, ale tata dowcipnie narysował instrumenty muzyczne. Tak, ten inżynier w niebieskim garniturze to ja! *Tytus, Romek i A’Tomek, księga III*.

Aby nasz radioizotopowy generator termoelektryczny działał, potrzebowaliśmy plutonu-238, pierwiastka promieniotwórczego, który jest trudny do uzyskania i piekielnie drogi. Za kilka gramów dwutlenku plutonu można by kupić sobie nowy samochód, a my potrzebowaliśmy aż 33 000 gramów!

Okazało się, że możemy go kupić w Związku Radzieckim, czyli w obecnej Rosji. NASA wybrała grupę naukowców i dyplomatów, którzy mieli się udać do Moskwy i ustalić szczegóły zakupu. Z wielkim zaskoczeniem odkryłem, że jestem na liście delegatów! Jak to? Ja? Dlaczego? Jestem przecież zwykłym inżynierem, nie żadnym szefem, menedżerem czy kimkolwiek wpływowym. Zapytałem przełożonego, jak to się stało, że znalazłem się na liście, a on spojrzał na mnie i oznajmił nieco zaskoczony moim pytaniem:

– Art, przecież mówisz po rosyjsku. To dlatego dołączyliśmy cię do grupy.

Wciąż jednak nie był tak zdumiony jak ja. Bo jasne, w dokumentach, które złożyłem w JPL, znajdowała się informacja, że uczyłem się rosyjskiego, ale ponieważ nie przypuszczałem, aby ten język kiedykolwiek miał być mi potrzebny, pominąłem fakt, że znam go naprawdę słabo… Było mi wstyd. Nikomu nic nie mówiąc, znalazłem korepetytorkę, która kilka razy w tygodniu dawała mi prywatne lekcje. Płaciłem jej 20 dolarów za godzinę, a wierz mi, było to dla mnie naprawdę dużo. I za każdym razem,

gdy wypisywałem jej czek, myślałem o tym, że przecież przez tyle lat mogłem uczyć się rosyjskiego zupełnie za darmo… Prawdziwa ironia losu!

Podczas misji Galileo, poza rosyjskim, nauczyłem się, że nie warto robić groszowych oszczędności, za to dobrze jest mieć przy sobie ludzi myślących nieszablonowo. Ot, choćby świetnych graczy.

Sonda, która miała zbadać Jowisza, od początku nastręczała problemów. Kosztowała dużo więcej, niż zakładano, w dodatku ze względu na katastrofę promu Challenger start misji został przesunięty o dwa lata, co generowało kolejne koszty. Przyszło polecenie, by obciąć wszystkie mniej istotne wydatki. Ktoś uznał, że jednym z takich zbędnych wydatków będzie system zamykania anteny transmisyjnej. Sonda została wyposażona w ogromną, niemal pięciometrową antenę mającą umożliwiać przesyłanie zebranych danych. Kłopot w tym, że miała przelecieć blisko Słońca, które mogło uszkodzić antenę. Wymyśliliśmy więc, że będzie się ona składała i rozkładała jak parasol. I wszystko byłoby dobrze, gdyby ktoś nie uznał, że w ramach oszczędności nie skonstruujemy mechanizmu zamykania anteny, bo przecież trzeba ją będzie rozłożyć tylko raz… Koszt tego małego motorka wynosił jakieś 10 tysięcy dolarów, co przy ponadmiliardowym koszcie samej sondy i anteny zrobionej ze złota nie było dużym wydatkiem. Mimo to nie zbudowaliśmy go. I kiedy sonda minęła Słońce i znalazła się w miejscu, w którym możliwe było rozłożenie anteny, wysłaliśmy sygnał, ale… nie stało się nic. Mechanizm się zaciął i czasza nie otworzyła się w pełni. Gdybyśmy mieli mechanizm zamykający, po prostu wysłalibyśmy sygnał „złóż się” i próbowali raz po raz otwierać i zamykać aż do skutku. Tego mechanizmu jednak nie było, bo ktoś chciał zaoszczędzić 10 tysięcy na misji wartej 1,5 miliarda dolarów!

Anteny głównej nie udało się nigdy otworzyć i wyglądało na to, że misja się nie powiedzie, gdy pewien młody inżynier, zapalony

komputerowiec, powiedział, że jeśli skompresuje się dane zbierane przez sondę w odpowiedni sposób, to może uda się je wysyłać w kierunku Ziemi za pomocą małej anteny, która miała służyć do komunikacji z sondą, zanim zostanie aktywowana duża antena. Napisał algorytm, wysłał go do znajdującej się 550 milionów kilometrów od Ziemi sondy Galileo i… udało się! Jego kreatywność ocaliła misję. To on sprawił, że sonda przez wiele lat wysyłała nam cenne dane, które wzbogaciły wiedzę o kosmosie i Układzie Słonecznym. A wszystko dlatego, że lubił się bawić komputerami i świetnie rozumiał, na czym polega kompresja danych.

Jak widzisz, wystarczy pokombinować, a można rozwiązać niemal każdy problem. Nawet uratować sondę oddaloną od Ziemi o kilkaset milionów kilometrów. Albo szukać z orbity wody pod piaskami pustyni. Lub wybrać się na Marsa. Pracuję nad projektem, którego celem jest wysłanie pierwszej polskiej sondy na Czerwoną Planetę. Kto wie, może kiedyś pomożesz mi ją skonstruować?

Zadanie

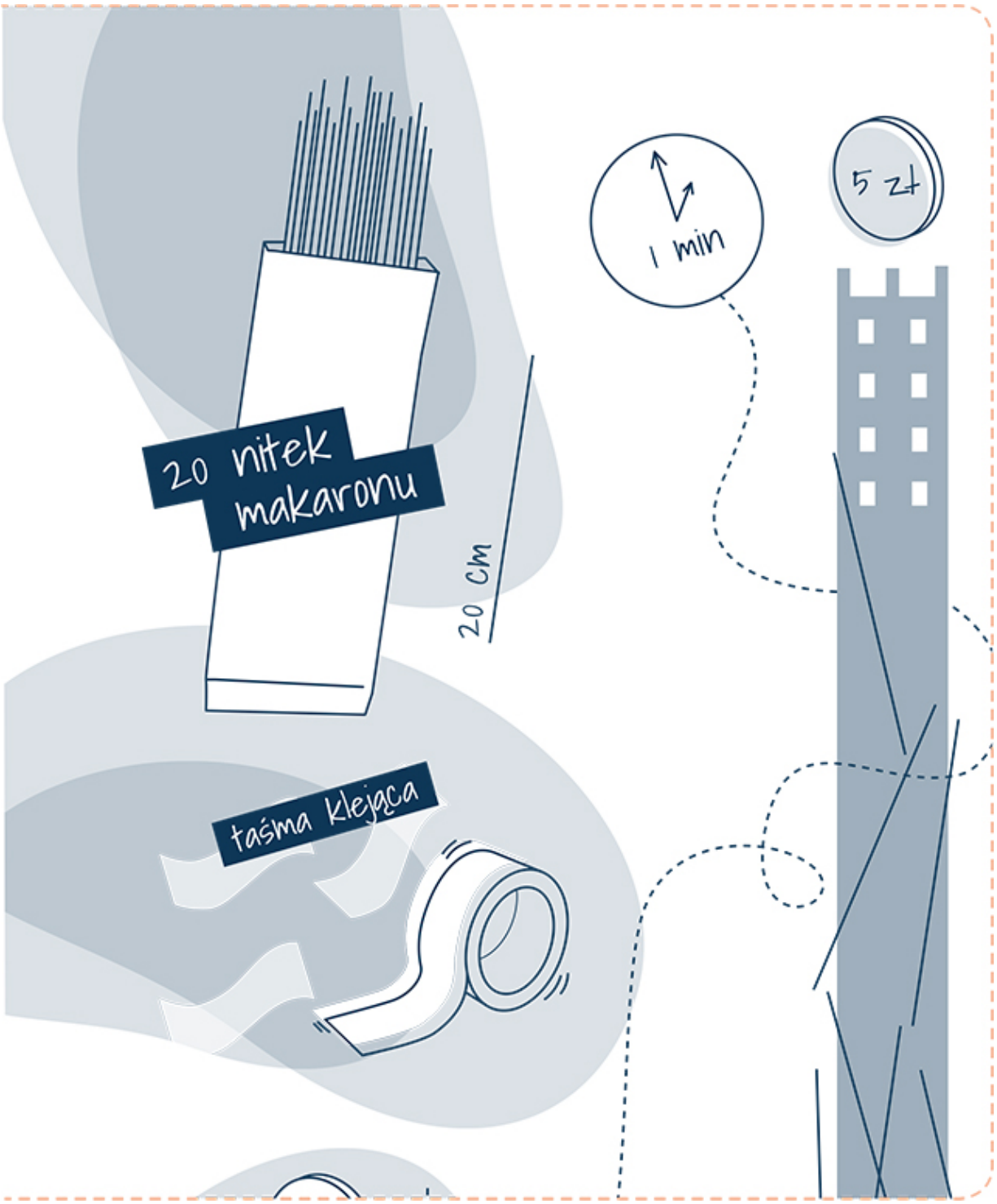
Jak wykonać ultralekką strukturę typu Gossamer?

Pamiętasz zadanie z rozdziału czwartego polegające na zaprojektowaniu w wyobraźni ultralekkiej wieży z makaronu? Teraz postawimy tę wieżę naprawdę.

Potrzebne będą:

- 20 nitek nieugotowanego makaronu spaghetti, prosto z paczki. Każda taka nitka ma długość około 20 cm;
- taśma klejąca;
- moneta pięciozłotowa.

Musisz zbudować jak najwyższą wieżę i na jej szczycie umocować monetę pięciozłotową. Możesz użyć tylko 20 nitek spaghetti i taśmy. Struktura z monetą na szczycie musi przetrwać przynajmniej jedną minutę, zanim się rozpadnie.


20 nitek makaronu
20 cm
taśma klejąca
1 min
5 zł

Rozdział dziesiąty

CO INŻYNIER KOSMICZNY MA WSPÓLNEGO Z INDIANAMI

Dzień był upalny i suchy, jeden z tych, w których człowiek ma ochotę leżeć nad basenem lub zamknąć się w klimatyzowanym pokoju. Niestety nie przebywałem w żadnym z takich miejsc. Od kilku godzin tkwiłem w dość niewygodnej pozycji, siedząc naprzeciwko starszego mężczyzny o ostrych rysach i ciemnobrązowej skórze. Mężczyzna myślał. Myślał długo i w całkowitej ciszy, której nic nie mogło zakłócić. Gdybym mu przerwał, pospieszył go, przywołał do porządku, jak to mamy w zwyczaju my, wiecznie zabiegani ludzie Zachodu, cała praca poszłaby na marne. A była to ważna praca: chcieliśmy opowiedzieć o kosmosie i o dokonaniach NASA tym, którzy nie chcieli słuchać – z naszej winy.

Nazwa misji Rosetta pochodzi od nazwy miasta w Egipcie, w którym odnaleziono granitową tablicę ze staroegipskim tekstem zapisanym hieroglifami, po egipsku oraz jego tłumaczeniem na grekę. To odkrycie przyczyniło się do odszyfrowania hieroglifów i zrozumienia dawnych kultur. Dlatego gdy mieliśmy się udać na kometę, której badanie mogło pomóc nam rozszyfrować zagadkę powstania Układu Słonecznego, uznaliśmy, że będzie to właściwa nazwa dla naszego przedsięwzięcia.

Nazwa misji Rosetta pochodzi od nazwy miasta w Egipcie, w którym odnaleziono granitową tablicę ze staroegipskim tekstem zapisanym hieroglifami, po egipsku oraz jego tłumaczeniem na grekę. To odkrycie przyczyniło się do odszyfrowania hieroglifów i

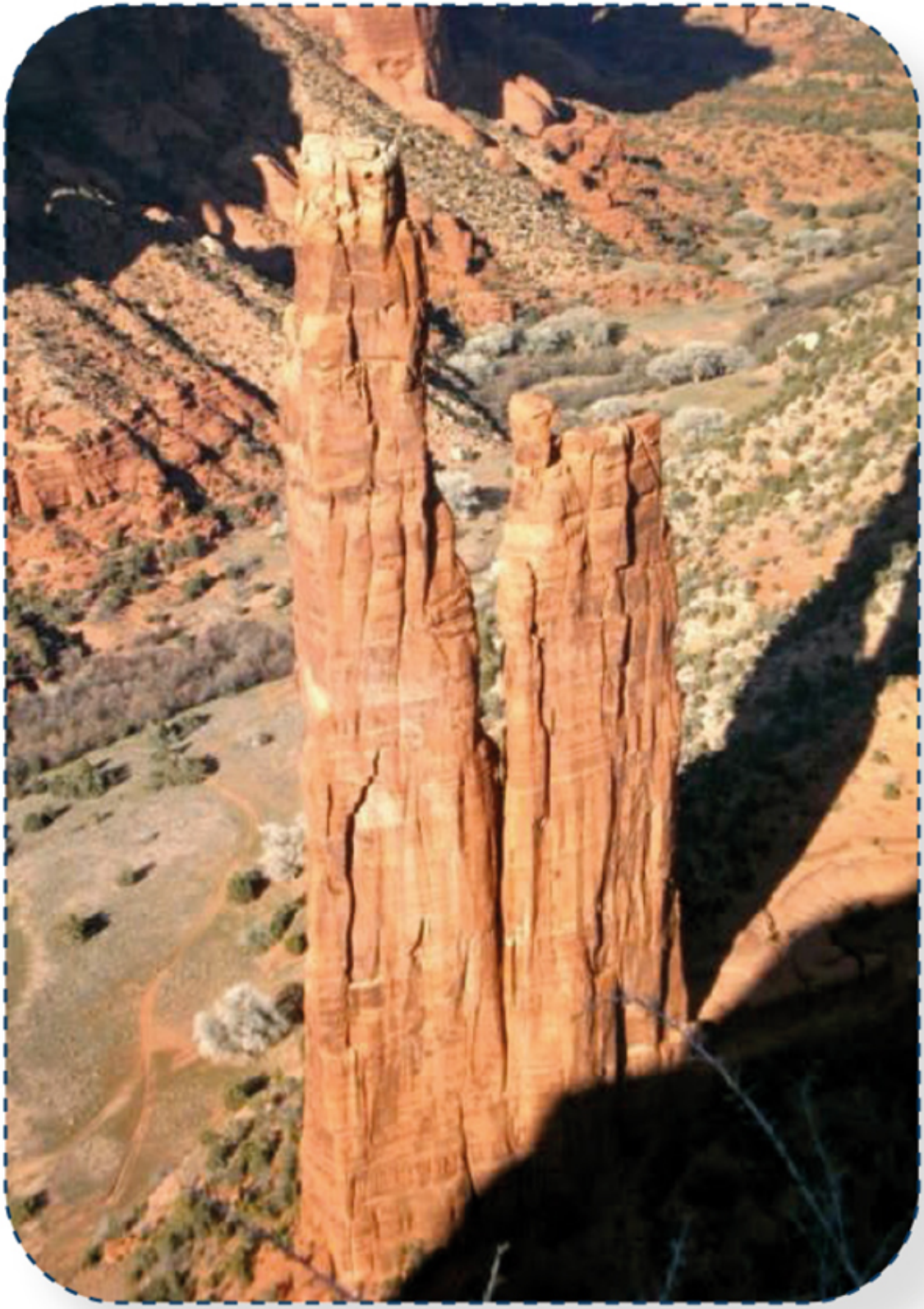
Pomyśleliśmy też, że sami postaramy się wyjaśnić to, czym się zajmujemy, ludziom niezainteresowanym badaniami kosmosu. Ludziom, których potraktowaliśmy źle i którzy mieli pełne prawo nie chcieć z nami rozmawiać. Indianom. Rdzennym mieszkańcom Ameryki, którym odebraliśmy ziemię, zniszczyliśmy kulturę

zrozumienia dawnych kultur. Dlatego gdy mieliśmy się udać na kometę, której badanie mogło pomóc nam rozszyfrować zagadkę powstania Układu Słonecznego, uznaliśmy, że będzie to właściwa nazwa dla naszego przedsięwzięcia.

i których zamknęliśmy w rezerwatach. Naprawdę trudno się dziwić, że nas nie lubią.

Na pomysł współpracy właśnie z Indianami wpadła moja koleżanka z JPL Claudia Alexander, znakomita pani naukowiec zajmująca się planetologią, czyli nauką łączącą astronomię z badaniami ewolucji planet i innych ciał niebieskich. Podczas misji Rosetta Claudia szefowała zespołowi naukowemu w JPL. Współpracowała z naukowcami z całego świata i wszędzie była bardzo ceniona i szanowana. Nauczyła mnie, że praca to nie tylko skupienie się na zadaniu, ale również umiejętność szanowania zasad i obyczajów współpracowników. Była to bardzo cenna lekcja, nieraz bowiem widziałem, jak menedżerowie projektów przegrywali konkursy lub byli odsuwani od projektów tylko dlatego, że nie potrafili stworzyć zespołu lub źle traktowali współpracowników.

Nie, Indianie nie ubierają się tak na co dzień. Zazwyczaj noszą dżinsy i koszule.



Prawie cały rezerwat to pustynia, ale bardzo malownicza, z pięknymi górami i wąwozami.

Dlatego siedząc naprzeciwko wodza plemienia Nawahów, nie odezwałem się nawet jednym słowem. Nie marudziłem, że jest mi niewygodnie i gorąco. Czekałem, bo tylko tak mogłem okazać swój szacunek.

Chcieliśmy zainteresować młodych Indian badaniami kosmosu. Opowiedzieć im o odkryciach, których dokonujemy, i o kolejnych projektach. Podzielić się wiedzą o lądowaniu na komecie i wyjaśnić, dlaczego misja Rosetta pomoże nam zrozumieć początek wszystkiego. Ale abyśmy mogli rozmawiać z młodymi Indianami, pomysł musiała zaaprobować starszyzna.

Claudia i ja spędziliśmy w towarzystwie Indian wiele tygodni, krok po kroku wchodząc w ich kulturę. Odkryliśmy też powód, dla którego nasze opowieści, które zwykle rozpalały wyobraźnię dzieci i młodzieży na całym świecie, dla nich są niezrozumiałe, a co za tym idzie – nudne.

Wykonajmy krótkie ćwiczenie. Zadam ci kilka pytań, a ty zapisz pierwsze odpowiedzi, jakie przyjdą ci do głowy.

- Jak długo idziesz z domu do najbliższego przyjaciela?
- W jakim wieku jest twoja mama?
- Jaka dzisiaj jest temperatura?

Jak brzmią odpowiedzi? Pewnie to same cyfry, prawda? Idziesz do przyjaciela 10 minut, mama ma 40 lat, a dzisiaj było 16 stopni Celsjusza. Nic dziwnego – takimi wartościami operują przedstawiciele kultury Zachodu. Do tworzenia komunikatów używamy liczb, które mówią nam

wszystko. Za to Nawahom nie mówią absolutnie nic. Co najwyżej to, że kolejny biały człowiek próbuje ich przekonać, że jest lepszy od nich i wie lepiej. Nawahowie, podobnie jak inni Indianie, posługują się opisem do wyrażenia tego, co my określamy liczbami. Zapytani, jak długo idą do przyjaciela, odpowiedzą, że od świtu do południa, zapytani o wiek mamy powiedzą, że osiągnęła wiek dużej mądrości, a o temperaturę – że było wystarczająco ciepło, żeby spać na dworze. My tymczasem chcieliśmy im mówić o statkach kosmicznych i o odległych planetach, używając określeń zrozumiałych wyłącznie dla nas, i jeszcze się dziwiliśmy, że nie chcą słuchać.

Nie chcieliśmy rezygnować z próby kontaktu. Przeciwnie, rozwiązywanie wyjątkowo skomplikowanych problemów to nasza specjalność, więc zaczęliśmy kombinować. Zrozumieliśmy, że nie możemy rozmawiać z Indianami, używając naszego języka. Potrzebowaliśmy kamienia z Rosetty, który pomógłby nam wyjaśnić językiem nawaho, o co nam chodzi. Dzięki rozmowom ze starszyzną i poszukiwaniom w bibliotekach udało nam się odnaleźć wyrażenia w języku nawaho, które odpowiadały naszym słowom. Dowiedzieliśmy się, że Księżyc to niebiański wędrowiec, a kosmos – Ojciec Niebo.

Potrzebowaliśmy też wsparcia kogoś, kogo Indianie uważają za osobę wyjątkowo mądrą, czyli szamana. Kłopot w tym, że szaman niespecjalnie chciał nam pomagać. Nie miał dobrego zdania o ludziach z rządu, a przecież NASA jest agencją rządową. Jednak powoli przyzwyczajał się do naszej obecności w rezerwacie i choć traktował nas z dystansem, to z biegiem czasu nasze stosunki nieco się ociepliły. Nawet zabrał nas na wycieczkę po rezerwacie.

Szliśmy długo, słuchając, gdy miał nam coś powiedzieć, i milcząc, gdy czuliśmy, że nie powinniśmy się odzywać. Aż w pewnym momencie

szaman przystanął i z radością wskazał nam maleńką roślinkę. Był uradowany, wręcz podekscytowany. Wyjaśnił, że ta tycia roślinka rośnie wyłącznie na terenie tego rezerwatu i nie znajdzie się jej nigdzie indziej. Jest bardzo rzadka nawet tutaj, a jemu przytrafiło się wielkie szczęście, bo znalazł już czwarte miejsce, w którym wyrosła. Wyciągnął notatnik, w którym zapisywał swoje odkrycia, i pokazał nam, gdzie rosną pozostałe roślinki. Każde z miejsc było opisane mniej więcej w ten sposób: przy górze kamieni, pod wyschniętym drzewem, w połowie drogi między osadą a rzeką. Dość mało precyzyjna lokalizacja, nie sądzisz?

Claudia była zaintrygowana. Wyciągnęła aparat i zrobiła zdjęcie roślince. Aparat łączył się z systemem GPS, dzięki czemu mogła pokazać szamanowi na mapie rezerwatu dokładne miejsce, w którym rosła cenna roślina. Powiedziała mu, że dzięki takiemu aparatowi oraz satelitom krążącym wokół Ziemi jest w stanie nanieść dokładną lokalizację każdej odnalezionej rośliny. Był zafascynowany! Nie mógł uwierzyć, że wystarczy takie małe urządzenie, które łączy się z innym urządzeniem, będącym nie wiadomo gdzie, by pomóc mu w poszukiwaniach!

Claudia oddała mu swój aparat, pokazała, jak z niego korzystać, i szaman, do tej pory tak bardzo nieufny, spojrzał na nas i na nasze kosmiczne przedsięwzięcia z pewną sympatią. To pozwoliło nam zorganizować dla młodych Indian z rezerwatu obóz naukowy, w trakcie którego chcieliśmy ich zaznajomić z naszą pracą.

Długo przygotowywałem się do zajęć. Zrobiłem prezentacje, zgromadziłem slajdy, wyszukałem w pamięci najciekawsze opowieści, mimo to gdy stanąłem przed grupką młodych Indian, w ich oczach widziałem tylko nudę. Czułem, że projekt, któremu poświęciliśmy tyle pracy, właśnie rozpada się na moich oczach. Niespodziewanie z pomocą przyszedł mi Marcus, mój syn.

Do rezerwatu pojechałem razem z Marcusem. Chciałem mu pokazać, w jak odmiennej rzeczywistości mogą żyć dzieci takie jak on. Niech zobaczy, myślałem, że nie noszą w kieszeni smartfona, nie grają w piłkę nożną i nie zamawiają pizzy z dostawą do domu. I wtedy, podczas zajęć, gdy już chciałem się poddać, Marcus podszedł do mnie i powiedział:

– Tato, nie opowiadaj im, tylko pokaż. Zrób kometę!

Na szczęście miałem ze sobą suchy lód, potrzebowałem jeszcze jakichś rękawic, aby się nie poparzyć. Udało się je zorganizować z pobliskiej restauracji. Lód topniał, tworząc warkocz komety, a ja opowiadałem o tym, jak prawdziwe komety obiegają gwiazdy, jak zamarzają i topnieją w zależności od tego, czy oddalają się od gwiazdy, czy do niej zbliżają. Mówiłem o misji Rosetta i o lądowaniu na jądrze. W tym czasie dzieci lepiły razem z Marcusem komety… I wiesz co? Słuchały mnie! Starały się zrobić jak najbardziej realistyczne komety, zadawały pytania, chciały się uczyć o kosmosie! Pod koniec zajęć wyszliśmy na piaszczysty plac przed szkołą. Znaleźliśmy głaz, który nazwaliśmy Ziemią, a moi uczniowie rzucali w niego własnoręcznie skonstruowanymi rakietami, by obserwować, jak rozbijają się o powierzchnię. Marcus opowiadał im o swojej drużynie piłkarskiej, a oni w rewanżu powiedzieli mu, że jedyna drużyna w ich liceum uprawia ujeżdżanie koni i byków.

Na kolejne zajęcia przyszła już nie grupka, ale chyba wszystkie dzieci z rezerwatu! Też chciały zbudować kometę i posłuchać o kosmosie. Starszyzna zgodziła się na dodanie do słownika nawaho 27 tak zwanych słów NASA, takich jak galaktyka, Układ Słoneczny czy satelita.

Dwa lata po tych wydarzeniach do mojego biura wpadła Claudia i zaczęła tańczyć.

– Dostałaś nowy projekt? Dokonałaś odkrycia? Wygrałaś na loterii? – dopytywałem.

– Nie ja, nie ja, Jaycelyn wygrała, my wygraliśmy! – krzyczała Claudia.

Okazało się, że jedna z dziewczynek z naszego obozu zdecydowała się wziąć udział w Stanowym Konkursie Naukowym dla szkół podstawowych i… wygrała! Rzuciłem się Claudii w ramiona i uświadomiłem sobie, że dzięki temu zwycięstwu Jaycelyn naprawdę wszyscy wygraliśmy.

Jak więc widzisz, wystarczy pokombinować. My kombinowaliśmy bardzo długo, by się dowiedzieć, w jaki sposób opowiadać o naszej pracy ludziom, którzy się nią absolutnie nie interesują. Wsłuchaliśmy się w ich potrzeby, zamiast przekonywać ich o swojej nieomylności. To było najlepsze zakończenie tej niezwykłej misji, jakie mogę sobie wyobrazić. Misji, w której porwaliśmy się na coś niewyobrażalnego, na wylądowanie na odległym jądrze komety, a zakończyliśmy czymś innym, równie niewyobrażalnym – opowiedzeniem Indianom o kosmosie.

Ściąga dla młodych inżynierów

JAK SIĘ UCZYĆ, ŻEBY SIĘ NIE ZMĘCZYĆ, A JEDNAK WIEDZIEĆ WSZYSTKO

Jak się uczyć?

„To proste! – odpowiesz. – Tak, żeby napisać sprawdzian na dobrą ocenę”. Owszem, wówczas na pewno będziesz dobrym uczniem, ale niekoniecznie dobrym inżynierem i pracownikiem NASA. Żeby odnieść sukces na polu nauki, trzeba przestrzegać kilku istotnych zasad.

1. NIGDY NIE OBAWIAJ SIĘ PORAŻKI. Błędów nie popełniają tylko ci, którzy nic nie robią. Poza tym każda porażka wiele nas uczy. Choćby tego, jak czegoś nie robić.

2. ZADAWAJ PYTANIA. Jeżeli czegoś nie rozumiesz, masz wątpliwości – pytaj, aż zrozumiesz.

3. NIE UCZ SIĘ NA PAMIĘĆ, ŻEBY TYLKO ZALICZYĆ SPRAWDZIAN CZY ZDAĆ EGZAMIN. To strata twojego czasu. Ucz się tak, żeby zrozumieć. Nie próbuj też zapamiętać na siłę wszystkich stałych fizycznych czy różnych danych, które bez trudu znajdziesz w podręczniku lub w internecie. One nie są ci potrzebne. Musisz wiedzieć, jak je wykorzystać, a nie pamiętać ich wartości.

4. NIE ŚCIĄGAJ. Może i dzięki temu zaliczysz sprawdzian czy zdasz egzamin, ale niczego się nie nauczysz.

5. PRACUJ W GRUPIE, bo tam, gdzie więcej osób, jest też więcej pomysłów na rozwiązanie problemu.

6. NIE OBAWIAJ SIĘ MYŚLEĆ I DZIAŁAĆ NIESTANDARDOWO. Braciom Wright, którzy skonstruowali pierwszy samolot, także mówiono: „To przecież nie poleci”.

7. WIERZ W SIEBIE, ale nie miej się za najmądrzejszego człowieka pod słońcem. Czegoś nowego i ważnego można się nauczyć nawet od tych, których nie podejrzewasz o posiadanie cennej wiedzy.

8. KOCHAJ TO, CO ROBISZ, bo tylko wtedy możesz robić rzeczy niezwykłe. I tylko wtedy każdy kolejny dzień pracy będziesz traktować jak wielką przygodę.

9. NIE PODDAWAJ SIĘ. To, co w życiu najcenniejsze, nigdy nie przychodzi łatwo.

10. I PAMIĘTAJ: WYSTARCZY POKOMBINOWAĆ!

A dlaczego tak bardzo mi zależy, abyś się uczyła lub uczył? To proste. Musisz dokończyć robotę, którą ja zacząłem. Do tej pory pracowałem nad 15 misjami kosmicznymi i wieloma technologiami, które pomogły nam w zrozumieniu wszechświata. A co zostało do odkrycia dla ciebie? Mnóstwo: określenie, gdzie jest życie pozaziemskie, jak ono wygląda, co się stało z rzekami i jeziorami na Marsie, czy istnieje życie w podziemnych oceanach na Europie i Enceladusie, co to jest ciemna materia, z czego jest zrobiona i dlaczego jest jej 10 razy więcej od tej, którą znamy, jak najlepiej zbudować

kolonię na Marsie, by mieć dokąd uciec, zanim w Ziemię uderzy asteroida, jak możemy polecieć na najbliższą gwiazdę w ciągu życia jednego pokolenia…

Przed tobą sporo wyzwań. Ja już żadnego z tych odkryć nie dokonam – teraz czas na ciebie! Czas też, żeby na niektóre z tych pytań odpowiedziała polska misja kosmiczna. Może to właśnie ty staniesz na jej czele? Życzę ci odwagi, owocnego kombinowania i świetnych rozwiązań. NASA i cały świat będą ci kibicować, bo każda nowa wiedza i różne kosmiczne wynalazki sprzyjają poprawie warunków życia na Ziemi. Powodzenia! Życzę ci, żeby NASA patrzyła z zazdrością na polski program kosmiczny.

ROZWIĄZANIA ZADAŃ

Rozdział pierwszy

Gdybyśmy znali wszystkie parametry lądowania oraz gdyby nie ulegałyby one w trakcie lądowania żadnym zmianom, miejsce lądowania byłoby punktem. Jednym, bardzo konkretnym punktem. Najważniejsza jest prędkość. Lądownik podchodzi do lądowania z ogromną prędkością. Projektując misję, możemy stworzyć modele matematyczne określające, z jaką prędkością będzie leciała kapsuła, ale będzie to prędkość wyrażona w pewnym zakresie, na przykład od 8 do 10 kilometrów na sekundę. To powoduje, że miejsce lądowania z punktu staje się linią. Ale na tym nie koniec. Na lądownik działają różne siły zewnętrzne, jak choćby siła wiatru, które sprawiają, że linia lądowania poszerza się w każdą stronę, tworząc elipsę. Właśnie taki kształt otrzymacie, gdy będziecie zrzucali monety na ręcznik. Przecież będziecie robić to z różną siłą, czasami całkiem nieświadomie popchniecie je w prawo lub w lewo, innym razem kierunek ich lotu zmieni się pod wpływem ruchu powietrza lub zsuną się z miejsca lądowania, bo ręcznik nie będzie idealnie płaski. Im więcej monet zrzucisz, tym wyraźniej zobaczysz, że miejsce ich lądowania tworzy elipsę.

Ciekawostka:

Istnieje równanie, którego możemy użyć do obliczenia prędkości, z jaką lądownik uderzy w podłoże. Prędkość uderzenia równa się jednej drugiej przyspieszenia grawitacyjnego razy czas do kwadratu. Brzmi skomplikowanie, ale jest to naprawdę proste.

Prędkość równa się ½ razy grawitacja razy czas razy jeszcze raz czas, czyli

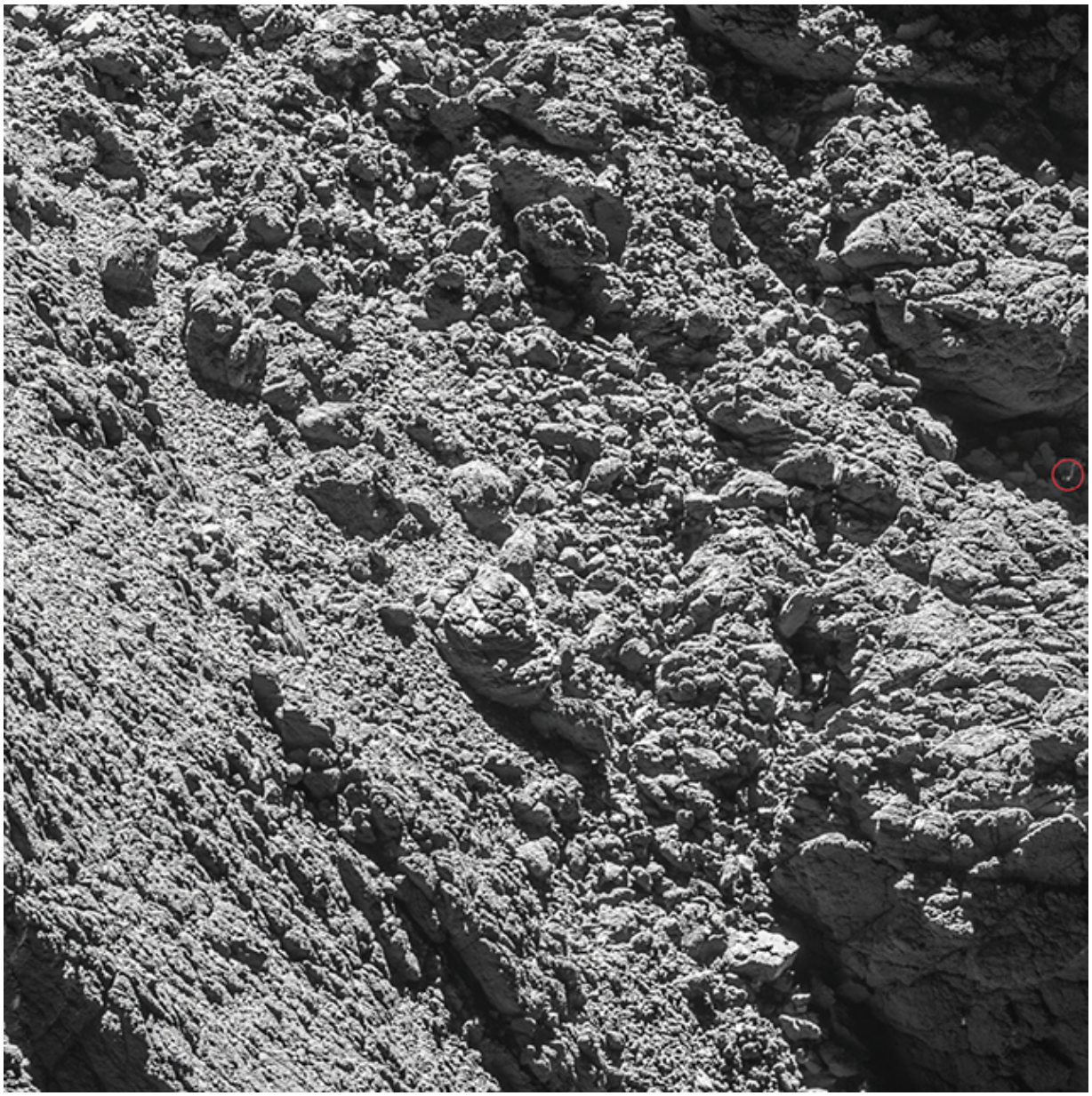
$$V = \frac{1}{2}gtt \text{ lub } V = \frac{1}{2}gt^2$$

Jeżeli zrzucisz lądownik z okna (może to być piłka lub plastikowa butelka) i okaże się, że upłynęły dwie sekundy, zanim spadł na ziemię, to przy założeniu, że stała *g* na Ziemi jest równa 10, możemy obliczyć prędkość uderzenia:

Prędkość równa się ½ razy 10 razy 2 razy 2, czyli 20 m/s. Jeżeli upłynęłyby trzy sekundy, to prędkość wyniosłaby ½ razy 10 razy 3 razy 3, czyli 45 m/s.

Mam nadzieję, że w twoim doświadczeniu szybkość wyniosła nieco mniej! My w NASA staramy się, żeby lądownik dotknął podłoża z szybkością około jednego metra na sekundę. Dzięki temu cała aparatura ukryta w lądowniku – a w przypadku misji księżycowych i planowanych misji marsjańskich również ludzie – przetrwa lądowanie w całości.

Rozdział trzeci



Rozdział piąty

Rysunek Tytusa na Jowiszu: Papcio Chmiel ma rację – Tytus na Jowiszu pewnie wyglądałby jak balon, który wiejące na planecie wiatry przemieszczałyby z miejsca w miejsce. Prawdopodobnie miałby też dużą rozwartą szczękę, jak wieloryb, do której wpadałoby pożywienie w postaci

węglowodanów. Musiałby mieć także naprawdę ogromne oczy, żeby wypatrzyć pożywienie, a może też ogromny nos, aby je wywęszyć. Uszy pewnie nie byłyby mu potrzebne, chyba że do sterowania. Zęby najprawdopodobniej by zanikły, bo nie miałby czego gryźć. Palce u rąk i nóg też nie byłyby mu potrzebne. Z czasem przekształciłyby się pewnie w małe skrzydła. Ponieważ na Jowiszu jest 25 razy mniej słońca niż na Ziemi, to Tytus, gdyby był mądry, założyłby czarną koszulkę, która lepiej pochłania energię świetlną.

Rysunek Tytusa w Europie: Tytus w Europie musiałby pływać jak ryba w oceanie pod skorupą lodową. Jego ciało byłoby wiotkie, dzięki czemu mógłby schodzić na duże głębokości, ku źródłom termicznym. Oczy byłyby w zaniku, bo pod lodem, tak daleko od słońca, panowałaby niemal kompletna ciemność. Uszy pełniłyby funkcję płetw, ale palce u rąk i nóg mogłyby się utrzymać, bo niewykluczone, że Tytus musiałby wyrywać wodorosty z dna. Włosy również by zanikły, bo powodują zbyt duże tarcie w trakcie pływania. Łuski są zdecydowanie lepsze.

Rysunek Tytusa kulturysty: Mój tata się nie mylił – Tytus musiałby być bardzo muskularny, aby się sprawnie poruszać przy dużej grawitacji. Miałby krótkie, gęste, czarne włosy na całym ciele, żeby zatrzymać jak najwięcej ciepła w tak niskiej temperaturze, wynoszącej tyle, ile podczas ciężkiej zimy na Syberii.

Rozdział siódmy

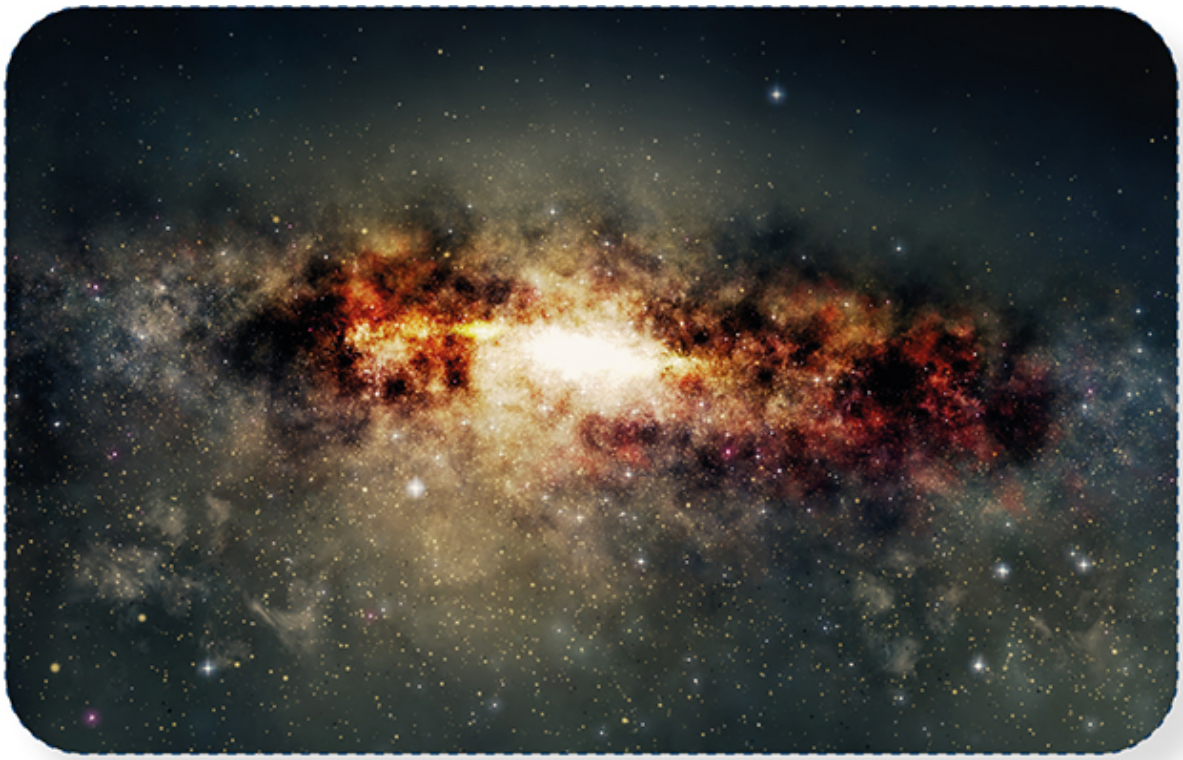
Pieszo dotarcie do szkoły zajmuje 600 sekund. Samochodem, który jest 10 razy szybszy, 600/10 = 60 sekund. Bugatti, który jest 80 razy szybszy,

600/80 = 8 sekund. Marsjańskim statkiem kosmicznym, który jest 8000 razy szybszy, 600/8000 = 0,08 sekundy.

SŁOWNICZEK

ATMOSFERA to gazowa powłoka otaczająca ciało niebieskie. Jednak nie każde – tylko takie o masie wystarczająco dużej, by wytworzona przez nie grawitacja była zdolna utrzymać taki gazowy płaszcz. Atmosfera chroni przed promieniowaniem elektromagnetycznym i powoduje, że na planecie lub księżycu temperatura nie ulega drastycznym zmianom.

CIAŁO NIEBIESKIE to każdy fizyczny i naturalny obiekt w przestrzeni kosmicznej, od maleńkich asteroid, przez komety, księżyce, planety, aż po wszystkie rodzaje gwiazd. Ciałami niebieskimi nazywa się również galaktyki i gromady galaktyk, materię międzygwiezdną, a nawet czarne dziury. Innymi słowy – ciała niebieskie są wszystkim tym, co znajduje się powyżej granicy atmosfery ziemskiej i nie zostało stworzone przez człowieka lub obcą cywilizację.



CIEMNA MATERIA to hipotetyczna materia we wszechświecie, której istnienie zdradzają jedynie wywierane przez nią efekty grawitacyjne. Zgodnie z hipotezami ciemna materia wpływa na powstawanie galaktyk i ewolucję wszechświata. Udowodnienie jej istnienia jest aktualnie największym wyzwaniem astronomii, astrofizyki i nauk pokrewnych.

CZARNA DZIURA to obszar czasoprzestrzeni o tak ogromnej i skoncentrowanej masie, że tworzy pole grawitacyjne, którego nic, łącznie ze światłem, nie jest w stanie opuścić. A skoro światło stamtąd nie ucieka, miejsce to jest czarne. Dostrzegamy je, obserwując grawitacyjne zakrzywienie czasoprzestrzeni. Istnieje kilka rodzajów czarnych dziur. Jedne są wynikiem zapadania się supermasywnych gwiazd pod koniec ich życia. Inne znajdują się w centrach galaktyk. W

2019 roku Teleskop Horyzontu Zdarzeń wykonał pierwsze, historyczne zdjęcie czarnej dziury.

EGZOPLANETA to planeta pozasłoneczna, znajdująca się w innym niż Układ Słoneczny systemie planetarnym.

JĄDRO KOMETY to lodowo-skalna bryła usytuowana w głowie komety. Z tej głowy rozwija się charakterystyczny gazowy warkocz komety.

KWAŚNE DESZCZE to opady atmosferyczne o odczynie kwasowym, czyli o pH niższym niż 5,6. Tego rodzaju deszcze tworzą

się przez reakcję wody z pochłoniętymi z powietrza gazami, takimi jak dwutlenek i trójtlenek siarki, tlenki azotu czy siarkowodór. Na Ziemi powodują zakwaszenie gleby, doprowadzając do zatrucia roślin i zwierząt. W 1974 roku w Szkocji spadł deszcz o rekordowo niskim pH wynoszącym 2,4. Oznacza to, że był bardziej kwaśny niż sok z cytryny.

LĄDOWNIK to część statku kosmicznego, która ląduje lub osiada na powierzchni danego ciała niebieskiego.

ŁAZIK to terenowy, wyposażony w system łączności i zdalnie sterowany lub autonomiczny pojazd laboratorium. Służy do badania ciał niebieskich, ale istnieją również łaziki ziemskie – zdalnie sterowane lub autonomiczne, wyposażone w napęd roboty wykorzystywane na przykład do badania miejsc niedostępnych ludziom.

MIKROGRAWITACJA to po prostu bardzo niska, wręcz nikła grawitacja.

ORBITA to tor, po którym porusza się ciało niebieskie lub satelita czy statek kosmiczny. Mikołaj Kopernik sądził, że orbity mają kształt koła, jednak znakomity matematyk i wielki astronom Jan Kepler dowiódł, że mają kształt elipsy, czyli spłaszczonego koła.

PRĘDKOŚĆ KOSMICZNA to prędkość początkowa, którą należy nadać dowolnemu obiektowi, na przykład rakiecie kosmicznej, aby pokonał grawitację danego ciała niebieskiego. Tak zwana pierwsza prędkość kosmiczna, która w wypadku Ziemi wynosi prawie osiem kilometrów na sekundę, pozwala wybranemu obiektowi, na przykład sondzie, satelicie lub statkowi kosmicznemu, na poruszanie się po orbicie wokół planety. Czyli: jeśli nadamy rakiecie kosmicznej, na

której szczycie znajduje się statek kosmiczny, prędkość wynoszącą powyżej ośmiu kilometrów na sekundę, to zabierze ona statek na taką wysokość, że będzie mógł krążyć po orbicie ziemskiej. Druga prędkość kosmiczna, czyli w wypadku Ziemi ponad 11 kilometrów na sekundę, to tak zwana prędkość ucieczki, czyli najmniejsza prędkość, jaką należy nadać obiektowi, aby pokonał przyciąganie ziemskie i poruszał się po orbicie słonecznej.

RETRORAKIETA to rakieta wymierzona w przeciwnym kierunku niż statek i pozwalająca na hamowanie. Lądowniki zwykle wyposaża się w retrorakiety, żeby mogły zwolnić i delikatnie osiąść na powierzchni.

ROK ŚWIETLNY to wbrew pozorom jednostka nie czasu, ale odległości. Jest to odległość, jaką przemieszczające się w próżni światło może przebyć w ciągu jednego roku. Prędkość światła w próżni wynosi 299 792 458 metrów na sekundę. Uznaje się, że w przybliżeniu jest to 300 tysięcy kilometrów na sekundę. To oznacza, że w ciągu roku światło przebywa odległość 9,5 biliona kilometrów. Światło słoneczne potrzebuje nieco ponad osiem minut, by dotrzeć na Ziemię, a odległość między Ziemią a Księżycem przebywa w 1,3 sekundy.

SATELITA to obiekt poruszający się po orbicie danego ciała niebieskiego. Istnieją satelity naturalne, które nazywamy księżycami, i satelity sztuczne, na przykład satelity meteorologiczne lub telekomunikacyjne.

TRAJEKTORIA LOTU to przebiegający po parabolicznej orbicie tor lotu sondy, satelity, statku kosmicznego czy komety.

ŹRÓDŁA ILUSTRACJI

H.J. Chmielewski © Copyright by Artur B. Chmielewski

H.d.l. / Wikimedia Commons

H.J. Chmielewski, *Tytus, Romek i A'Tomek, księga III* © Copyright by Artur B. Chmielewski

SsmIntrigue / Wikimedia Commons; zdjęcie na licencji CC BY-SA 4.0

archiwum NASA © Copyright by Courtesy: NASA

© Copyright by Courtesy: NASA/JPL-Caltech

© Copyright by Courtesy: NASA

© Copyright by Courtesy: NASA/JPL-Caltech

archiwum prywatne autora © Copyright by Artur B. Chmielewski

Laelaps, Charles R. Knight (1897) / Wikimedia Commons

© Copyright by Courtesy: Lizbeth B. De La Torre

kometa 67P © Copyright by Courtesy: NASA/JPL-Caltech

mozaika fotografii wykonanych przez teleskop znajdujący się na pokładzie Rosetty © Copyright by Courtesy: ESA/Rosetta/MPS for OSIRIS Team MPS/UPD/LAM/IAA/SSO/INTA/UPM/DASP/IDA

Philae © Copyright by Courtesy: ESA/Rosetta/MPS for OSIRIS Team MPS/UPD/LAM/IAA/SSO/INTA/UPM/DASP/IDA

prywatne archiwum autora © Copyright by Artur B. Chmielewski

adike / shutterstock

H.J. Chmielewski, *Tytus, Romek i A'Tomek, księga III* © Copyright by Artur B. Chmielewski

archiwum prywatne autora © Copyright by Artur B. Chmielewski

© Copyright by Courtesy: MiMi Aung; model helikoptera: © Copyright by Courtesy: NASA/JPL-Caltech

© Copyright by Courtesy: NASA/JPL-Caltech

© Copyright by Courtesy: NASA

© Copyright by Courtesy: NASA/JPL-Caltech

H.J. Chmielewski, *Tytus, Romek i A'Tomek, księga III* © Copyright by Artur B. Chmielewski

Carol M. Highsmith Archive / Wikimedia Commons

© Copyright by Courtesy: Andrea Angrum

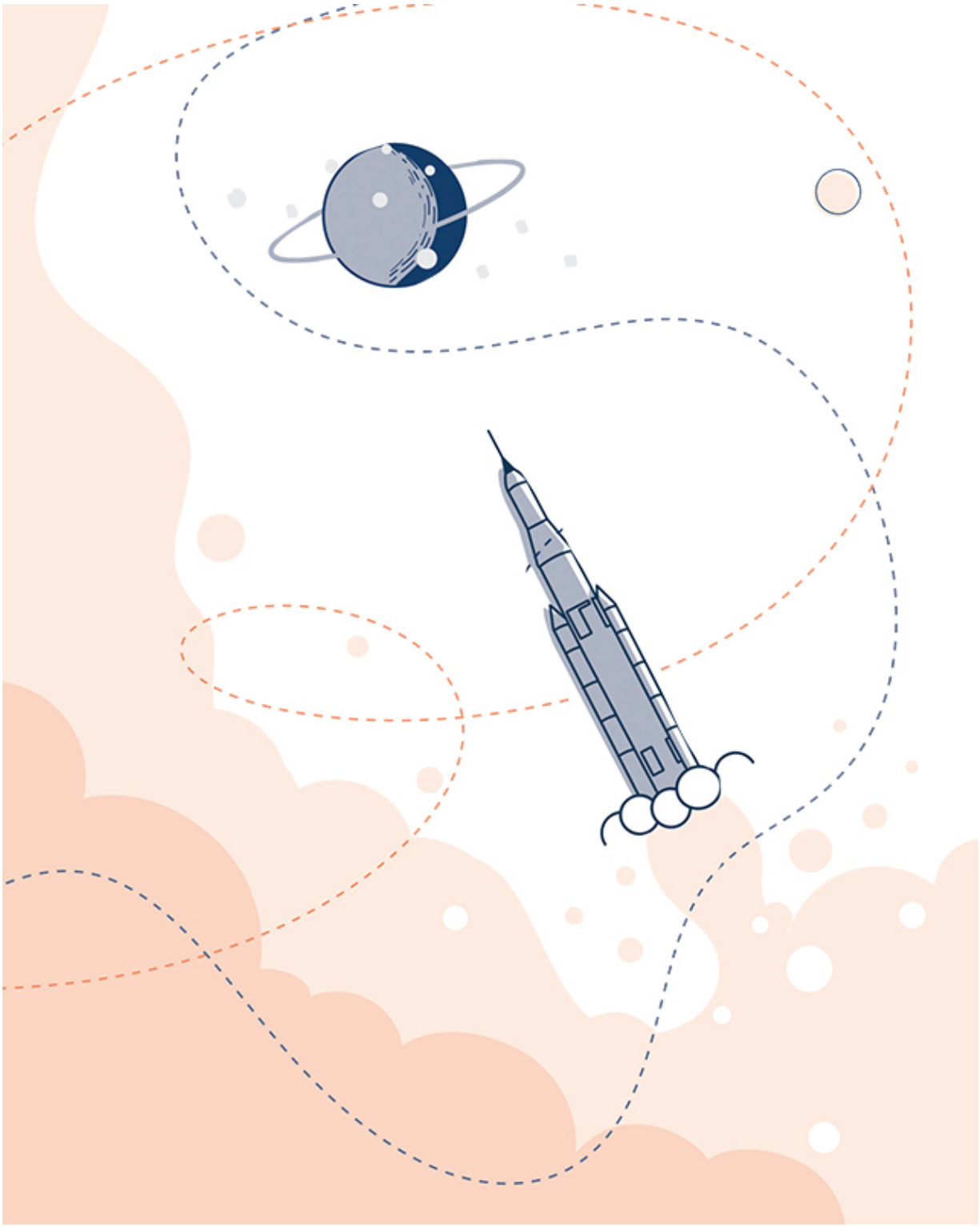
Maximusdn / depositphotos

clearviewstock / depositphotos

dell640 / depositphotos

3dmentat / depositphotos

Maximusdn / depositphotos



Projekt okładki i ilustracje
Dagmara Jagodzińska, https://rzeczowki.com/

Projekt graficzny
Izabela Kruźlak

Redaktor inicjujący
Elżbieta Kot

Redaktor prowadzący
Magdalena Kilian-Antoine

Redakcja
Joanna Mika

Adiustacja
Anastazja Oleśkiewicz

Korekta
Magdalena Wołoszyn, Małgorzata Kuśnierz

Copyright © by Artur B. Chmielewski & Ewelina Zambrzycka-Kościelnicka
Copyright © for the Polish editions by SIW Znak sp. z o.o., 2021
Przeczytaj, co o książce sądzą inni czytelnicy, i oceń ją na lubimyczytać.pl

Książki z dobrej strony: www.znak.com.pl
Więcej o naszych autorach i książkach: www.wydawnictwoznak.pl

Społeczny Instytut Wydawniczy Znak, ul. Kościuszki 37, 30-105 Kraków
Dział sprzedaży: tel. 12 61 99 569, e-mail: czytelnicy@znak.com.pl

ISBN 978-83-240-7575-1

Na zlecenie Woblink

woblink.com

plik przygotował Karol Ossowski